

SLOVENSKÁ AKADÉMIA VIED
SLOVAK ACADEMY OF SCIENCES

ÚSTAV MERANIA

INSTITUTE OF MEASUREMENT SCIENCE

50

ROKOV VEDECKÝCH A VÝSKUMNÝCH AKTIVÍT

1953 - 2003



SLOVENSKÁ AKADÉMIA VIED
SLOVAK ACADEMY OF SCIENCES

ÚSTAV MERANIA
INSTITUTE OF MEASUREMENT SCIENCE

50

ROKOV VEDECKÝCH A VÝSKUMNÝCH AKTIVÍT

1953 – 2003



BRATISLAVA 2003



ORGANIZAČNÁ ŠTRUKTÚRA ÚSTAVU MERANIA SAV

STRUCTURE OF THE INSTITUTE OF MEASUREMENT SCIENCE SAS

2003



SLOVENSKÁ
AKADÉMIA VIED

Prof. Ing. Ivan Frollo, DrSc.
riaditeľ ústavu

Ing. Milan Tyšler, CSc.
zástupca riaditeľa

RNDr. Viktor Witkovský, CSc.
vedecký tajomník

Vedecká rada:

Predseda: Ing. Milan Tyšler, CSc.
Podpredseda RNDr. Viktor Witkovský, CSc.
Členovia: Ing. Ľubomír Ondriš, CSc.
RNDr. Alexander Cigáň, CSc.
Ing. Ján Maňka, CSc.
Prof. Ing. Viktor Smieško, PhD.
RNDr. Štefan Beňačka, CSc.

Útvar riaditeľa:

Úsek ekonomiky a správy: Irena Bratinková
zást.: Ing. Mária Jusková
Základné inf. stredisko.: Katarína Kozáková
Sekretariát riaditeľa: Mária Slamová

Vedekovýskumný úsek:

01 – odd. optoelektronických meracích metód

RNDr. Miroslav Hain
zást.: RNDr. Miroslav Keppert

02 – odd. magnetometrie

RNDr. Alexander Cigáň, CSc.
zást.: Ing. Ján Maňka, CSc.

03 – odd. teoretických metód

RNDr. Viktor Witkovský, CSc.
zást.: RNDr. Anna Krakovská, CSc.

04 – odd. zobrazovacích metód

prof. Ing. Ivan Frollo, DrSc.
zást.: Ing. Peter Andris, PhD.

05 - odd. biomeraní

Ing. Milan Tyšler, CSc.
zást.: Ing. Vladimír Rosík

Pracovisko technického zabezpečenia

Ing. Ján Buzási
zást.: Andrej Kulišov

ÚSTAV MERANIA

SLOVENSKÁ AKADÉMIA VIED

Dúbravská cesta 9, 841 04 BRATISLAVA

Tel.: 02/ 5477 4033 Fax: 02/ 5477 5943

E-mail: umersekr@savba.sk Web: <http://www.um.savba.sk>

KRÁTKA HISTÓRIA ÚSTAVU

Počiatok *Ústavu merania* je spojený s *Laboratóriom pre výskum a vývoj meracích a fyzikálnych prístrojov*. Toto laboratórium bolo založené v roku 1953 ako jedno z prvých laboratórií a ústavov novo sa konštituujucej *Slovenskej akadémie vied*. Počiatočným cieľom laboratória bol návrh, výroba a implementácia originálnych prístrojov určených na experimentálny výskum v rámci *Slovenskej akadémie vied*.

Vo februári 1963 sa *Laboratórium* premenovalo na *Ústav teórie merania SAV*. V roku 1976 ústav dostal názov *Ústav merania a meracej techniky SAV*. Od januára 1981 bol ústav včlenený do *Centra elektro-fyzikálneho výskumu SAV*. Terajší názov ústav získal v roku 1988.

Budova *Ústavu merania SAV* bola postavená v roku 1967. Budova patrí do areálu *Slovenskej akadémie vied*, situovanej v západnej časti Bratislavy na *Patrónke*, v blízkosti lesoparku.

V súčasnosti je ústav vedeckou inštitúciou, ktorej aktivity zahŕňajú dve základné oblasti základného a aplikovaného výskumu:

- systémy na meranie vybraných fyzikálnych veličín, teória merania a matematicko-štatistické metódy na spracovanie experimentálnych výsledkov,
- meracie systémy pre biomedicínu, matematické a počítačové modelovanie bionických štruktúr a procesov, spracovanie biosignálov.

SHORT HISTORY OF THE INSTITUTE

The origin of the *Institute of Measurement Science* goes back to the *Laboratory for Research and Design of Measuring and Physical Devices*. This Laboratory was founded in 1953 as one of the first laboratories or institutes of the newly constituted *Slovak Academy of Sciences*. The initial goal of the Laboratory was to design, produce and implement original devices dedicated to experimental research within the *Slovak Academy of Sciences*.

In February 1963 the Laboratory was transformed to the *Institute of Theory of Measurement*. In 1976 the Institute became the *Institute of Measurement and Measuring Techniques*. Since January 1981 the Institute had been associated into the *Electro-Physical Research Centre of the SAS*. The present name the Institute gained in 1988.

The building of the *Institute of Measurement Science* was built in 1967. The building belongs to the Campus of *Slovak Academy of Sciences* in Bratislava - *Patronka* situated in west part of Bratislava, near a forest.

At present the Institute is a scientific institution whose activities encompass two basic domains of fundamental and applied research:

- systems for measuring of selected physical quantities, measurement theory and mathematical-statistical methods for processing of experimental results,
- measuring systems for biomedicine, mathematical and computer modelling of bionic structures and processes, processing of biosignals.

RIADITELIA ÚSTAVU



akademik Ľudovít Kneppo
1953-1977



Ing. Peter Kneppo, DrSc.
1977-1990



RNDr. Karol Karovič, DrSc.
1990-1998



Prof. Ing. Ivan Frollo, DrSc.
1998 -

Zástupcovia riaditeľov:

RNDr. Jaromír Hajda, CSc.	1953-1958
RNDr. Ing. Juraj Bolf, CSc.	1958-1980
Ing. Vladimír Zrubec, DrSc.	1980-1990, od 1.3.1990 do 15.6.1990 bol poverený dočasným vykonávaním funkcie riaditeľa
Ing. Vladimír Jellúš, CSc.	1990-1991
Ing. Alfonz Cocher	1991-1994
Ing. Milan Tyšler, CSc.	1994-1998
RNDr. Alexander Cigáň, CSc.	1998-2002
Ing. Milan Tyšler, CSc.	2002 –

50 ROKOV VEDECKÝCH A VÝSKUMNÝCH AKTIVÍT ÚSTAVU MERANIA SAV

*Tento zborník je určený všetkým, ktorí sa chcú dozvedieť
o histórii ústavu
a na to aby pochopili, prečo sme takí, akí sme.
Editori*

Historický vývoj pracoviska od jeho založenia

(Spracované podľa podkladov získaných z Ústredného archívu SAV, zborníkov k 12. a 20. výročiu ústavu a dokumentácie archivovanej na ústave)

Rozvoj vysokého školstva a celonárodnej kultúry na Slovensku po druhej svetovej vojne podnietil podľa vzoru Československej akadémie vied založenie Slovenskej akadémie vied (SAV) v roku 1953. Na rozdiel od historických podmienok, zvýraznených v bohatých a iste aj slávnych tradíciách vedy v českých zemiach, novozaložená vedecká inštitúcia na Slovenska sa opierala predovšetkým o súčasnú vedeckú úroveň, reprezentovanú najmä pracovníkmi vysokých škôl, ktorá však zaujímala v rámci vedy v Československu čestné miesto iba v niektorých odboroch. Prakticky z toho vyplývalo, že v rámci Slovenskej akadémie vied sa zakladali len také pracoviská, ktoré mali určité predpoklady perspektívneho rastu. Založenie a ďalší rozvoj pracovísk SAV do značnej miery ovplyvňoval celkový perspektívny rozvoj Slovenska. Zakladaním výskumných pracovísk boli poverení poprední vysokoškolskí profesori, možno povedať, už pred uskutočnením zákona o Slovenskej akadémii vied, ktorý bol vydaný v júni 1953. Bola vytvorená určitá organizačná štruktúra pracovísk, ktorá začleňovala malé pracovné kolektívy, predstavujúce štyroch - piatich ľudí do kabinetov, väčšie a rýchlo sa rozrastajúce kolektívy do laboratórií, s perspektívou dorásť v plne organizovanú štruktúru ústavov.

Päťdesiatročný odstup vôbec nezmenšil význam prezieravej a cieľavedomej práce zakladateľov Slovenskej akadémie vied, ktorí spolu so širokým kolektívom obetavých príslušníkov staršej generácie, vysokoškolských profesorov, ako aj predstaviteľov najmladšieho vedeckého pokolenia položili základy vedeckých pracovísk takmer vo všetkých oblastiach vedy.

Po vyhlásení zákona Slovenskej národnej rady o založení Slovenskej akadémie vied ako centralizovanej vedeckej inštitúcie na Slovensku, novozaložená inštitúcia sa opierala o vtedajšiu vedeckú a technickú inteligenciu, reprezentovanú najmä pracovníkmi vysokých škôl. Na rozdiel od českých vysokých škôl a rezortných výskumných ústavov, vývojových pracovísk, kde sa grupovali mnohí vynikajúci vedecí, inžinierski, technickí a odborní pracovníci, majúci za sebou bohatú vedeckú tradíciu, široký program výskumných prác, s pomerne dobre vybavenými

laboratóriami, vedeckými dielňami a vysokokvalifikovanými odborníkmi v závodoch, pomery na nemnohých slovenských vysokých školách zďaleka nedosahovali vedeckú a ešte menej technickú úroveň vedeckého výskumu v Čechách.

Z toho logicky vyplývalo, že na pôde Slovenskej akadémie vied sa zakladali len také pracoviská vedeckého výskumu, ktoré mali v osobe svojho zakladateľa tiež reprezentanta určitého vedného odboru. Takto bolo možné v oblasti technických vied vďaka účasti *prof. dr. Ing. J. Gondu, prof. dr. Ing. J. Čabelku, prof. dr. Ing. B. Havelku, prof. dr. Ing. L. Cigánka a prof. dr. Ing. L. Kneppa* založiť *Vedeckú sekciu technických vied*, ktorá vypracovala prvé programy pre plánovanú vedeckovýskumnú činnosť na Slovensku, ako aj štatúty na založenie vedeckovýskumných pracovísk pre technickú oblasť. Bol vypracovaný organizačný poriadok a štruktúra týchto pracovísk, ktoré podľa počtu pracovníkov tvorili kabinety, laboratóriá a ústavy.

Počiatkové vedecké aktivity a výskumná činnosť mladých pracovísk akadémie viedli k zriadeniu takého vedeckovýskumného pracoviska, ktoré by bolo schopné konštruovať, navrhovať, ale aj zhotovovať unikátne fyzikálne prístroje, ako nevyhnutnú súčasť vedeckej a experimentálnej činnosti. Z iniciatívy *prof. dr. Ing. L. Kneppa* bolo založené *Laboratórium meracích prístrojov SAV*, ktorého externým riaditeľom sa stáva sám autor tohto návrhu. Pri nových jesenných voľbách riadnych členov a členov-korešpondentov Slovenskej akadémie vied v roku 1955 bol zvolený za člena-korešpondenta SAV tiež *prof. dr. Ing. L. Kneppo*, ktorý súčasne zostáva pedagogickým pracovníkom - ako riadny profesor teoretickej elektrotechniky na Slovenskej vysokej škole technickej v Bratislave.

Laboratórium bolo oficiálne vyhlásené ako *samostatné pracovisko k termínu 1. máj 1953*.

Prvými internými pracovníkmi laboratória boli v tom čase len dvaja, a síce *RNDr. Jaromír Hajda* (predtým zamestnaný ako hlavný inžinier optickej firmy MEOPTA Bratislava) a *Ing. J. Bolf* (dovtedy odborný asistent Katedry vyššej geodézie a geodetickej astronómie Stavebnej fakulty Slovenskej vysokej školy technickej, Bratislava).

Ich jediným inventárnym zariadením boli - písací stôl a rysovacia doska.



RNDr. Jaromír Hajda vykonával funkciu *zástupca riaditeľa* Laboratória meracích prístrojov až do roku 1958.

Vedecké kolégium pre automatizáciu, energetiku a elektroniku udelilo v roku 1962 RNDr. Hajdovi vedeckú hodnosť kandidáta vied CSc. za dizertačnú prácu: "Nová interferenčne - disperzná sústava".

Počas svojho pôsobenia v Laboratóriu, neskôr v Ústave teórie merania SAV, bol v rokoch 1953-1973 autorom a spoluautorom 29 vynálezov, publikoval 36 publikácií, z toho 14 v cudzích jazykoch: nemčina, angličtina, francúzština. Bol riešiteľom viacerých Štátnych úloh základného výskumu a tiež niekoľkých rezortných úloh z priemyslu, čo dokumentuje 9 oponovaných výskumných správ evidovaných v Ústave merania SAV. Niekoľko výskumných správ týkajúcich sa interferenčných metód merania v metrológii dĺžky sa zachovalo a dokumentujú smerovanie česko-slovenskej metrológie.

Dr. Hajda je autorom nasledovných knižných publikácií: Praktická optika (1938), Technická optika (1956) a Optika a optické prístroje (1956). Jeho zásluhou sa vybudovala na Slovensku na pôde SAV prístrojová optika a on sám skonštruoval niekoľko originálnych optických prístrojov, využívajúcich optické javy interferenčné, difrakčné a absorpčné. Za veľký optický polariskop a Saunders-Postov interferometer bol v roku 1953 spolu s kolektívom vyznamenaný Štátnou cenou.



Ing. J. Bolf od 1. júla 1958 vykonával funkciu vedúceho optického oddelenia a funkciu *zástupcu riaditeľa* Laboratória meracích prístrojov a vlastne až do roku 1980 vykonával funkciu *zástupcu riaditeľa ústavu*.

Po obhajobe kandidátskej dizertačnej práce v roku 1959 bol priradený za vedeckého pracovníka. Od roku 1961 bol poverený vedením oddelenia teórie merania dĺžok, v roku 1963 až 1978 bol poverený vedením oddelenia meracích a vyhodnocovacích metód v biológii a fyziológii v novo-konštituovanom Ústave teórie merania SAV. Od januára 1978 vykonával funkciu vedúceho oddelenia prístrojov pre vedecký výskum.

V roku 1967 ukončil druhé vysokoškolské vzdelanie na Prírodovedeckej fakulte UK, odbor fyzika.

Od marca 1981 vykonával funkciu vedeckého tajomníka ústavu. Jeho vedeckou orientáciou bol výskum a konštrukcia meracích prístrojov pre geodéziu a medicínu. Bol zodpovedným riešiteľom viacerých projektov, napr. v oblasti meraní parametrov plynov a kvapalín, biofyzikálnych meraní a hlavne experimentálnych metód a prístrojov mimotelového obehu krvi a stereotaxie.

Aktívne sa podieľal na založení a formovaní vedného odboru 26-16-9 „meracia technika“. Osobitne sa zaslúžil o založenie a formovanie vedného odboru „meracia technika“, úspešne vyškolicil 19 aspirantov, z ktorých je dnes 6 profesorov – doktorov vied.

Za tvorivý vedecký a experimentálny výskum bol v roku 1978 vyznamenaný striebornou medailou SAV a v roku 1983 zlatou medailou SAV.

Novozriadené Laboratórium meracích prístrojov (umiestnené na prízemí terajšieho sídla Úradu SAV) mohlo používať len dve malé pracovné miestnosti. Vďaka iniciatíve a úsiliu riaditeľa pracoviska a jeho prvých pracovníkov sa postupne získali potrebné zariadenia a začalo sa budovať experimentálne laboratórium. Ďalší pracovníci boli prijatí o niekoľko mesiacov neskôršie a za tento čas sa vytvorili dobré pracovné podmienky asi pre desiatich pracovníkov. Laboratórium ich získalo z radov inžinierov a technikov a ich prvá pracovná činnosť bola zameraná na dobudovanie experimentálnych zariadení a pre dielenskú činnosť. Pracovná náplň tohto obsahu trvala asi 1 rok, potom sa mohlo začať s plánovanou vedeckovýskumnou činnosťou, zameranou na konštrukciu a vyhotovovanie unikátnych vedeckých prístrojov pre potreby ostatných pracovísk Slovenskej akadémie vied.

11. januára 1954 bol schválený nový názov pracoviska: *Laboratórium pre výskum a konštrukciu meracích a fyzikálnych prístrojov*.

Významným pomocníkom v počiatočnom štádiu budovania pracoviska bola *Vedecká rada*, ktorá vznikla v roku 1954 a združovala najlepších odborníkov v odbore merania a meracích prístrojov. Vykonala pre ústav neoceniteľnú prácu tým, že nielen celkovo pracovisko usmerňovala, ale jej členovia sa obetavo a nezištne podieľali na výchove mladých vedeckých a odborných pracovníkov, pomáhali svojimi skúsenosťami a cennými radami zostavovať vedeckovýskumné plány, dávať vedecké námety atď. Vedecká rada bola dušou ústavu a niesla ťarchu a zodpovednosť za jeho vedeckú a odbornú úroveň. Nemožno nespomenúť obetavosť a neúnavnosť členov vedeckej rady, ktorí bez odmien nezištne pracovali pod vedením jej predsedu prof. Kneppa až do roku 1960, keď boli tieto významné orgány vedy zrušené. Vedecká rada Laboratória meracích prístrojov mala týchto členov: čl. kor. prof. dr. Ing. Strnad, čl. kor. prof. dr. Ing. Z. Trnka, prof. dr. Ing. P. Gál, prof. RNDr. J. Nussberger, prof. RNDr. A. Vašíček, DrSc., prof. RNDr. B. Havelka, DrSc., prof. Ing. K. Raclavský, RNDr. J. Hajda, CSc., Ing. J. Bolf, CSc.

Neobvykle veľké úsilie zakladateľov tohoto pracoviska, ako aj mimoriadne pochopenie vtedajšej sekcie technických vied SAV a pomoc vedeckej rady pomohli v pomerne krátkom čase vybudovať pracovisko tak, že bolo schopné zvládnuť stále náročnejšie požiadavky na prístroje zo strany iných pracovísk SAV.

Postupným získavaním skúseností v tvorivej a riadiacej vedeckej činnosti bolo možné pomýšľať na tvorbu vlastných vedeckých plánov v odbore merania, čo si vyžadovalo mať vlastných vedeckých pracovníkov. Títo vyrastali za veľmi sťažených podmienok budovania pracoviska ako celku. Prvoradá pozornosť sa venovala výchove vedeckých a odborných pracovníkov a rozširovaniu kádrov špičkových odborníkov, technikov, schopných zvládnuť aj náročné práce pri konštrukcii rôznych špeciálnych meracích prístrojov pre náročné vedecké a výskumné práce.

Možno povedať, že pracovisko zvládlo počiatočné ťažkosti a dobre sa pripravilo na ďalšiu etapu svojej činnosti. Táto spočívala v starostlivom a cieľavedomom získavaní pracovníkov s technickým, fyzikálnym a matematickým vzdelaním. V roku 1959, t.j. po šiestich rokoch existencie pracoviska, sa po prvý raz prišlo k vypracovaniu perspektívneho plánu rozvoja budúceho Ústavu merania SAV. Bol schválený aj perspektívny plán ako podklad na vypracovanie investičnej úlohy novej budovy ústavu, ktorá sa začala stavať roku 1962. Roku 1965 bola dokončená investičná výstavba vlastnej budovy ústavu s celkovou výmerou 2 780 m².



Na zavedenie vedeckej výchovy pracovníkov formou aspirantúry bol navrhnutý vysoký a v určitom zmysle aj odvážny plán, zahrňujúci 20 pracovníkov tejto výchovy. Starostlivým výberom mladých absolventov predovšetkým z odboru elektrotechniky, geodézie, fyziky a matematiky a doplnením odborných pracovníkov sa rozšíril celkový počet pracovníkov laboratória v roku 1960 asi na 40. Neodlučiteľnou súčasťou takto koncipovaného rozvoja budúceho ústavu muselo byť prevzatie zodpovednosti za ďalší rozvoj pracoviska, ktorý sa plánoval uskutočniť v roku 1970 a to s celkovým počtom pracovníkov asi 110.

V roku 1960 sa pracovisko stáva už nositeľom samostatného vedného odboru – „teória merania“ - a to v celoštátnom meradle.

Definitívne znenie názvu ústavu, vyjadrujúce jeho základnú pracovnú náplň, stanovené novembrovým uznesením Predsedníctva SAV roku 1962 (presne 5.11.1962), ako aj uznesením Prezídia ČSAV (február 1963) je *Ústav teórie merania SAV*.

V roku 1962 sa ústav stal školiacim pracoviskom a miestom pre obhajoby kandidátskych a doktorských dizertačných prác pre odbor X/7 - *meracie metódy a prístroje* (neskôr 26-16-9 - *meracia technika - metronomika*). To už pracovisko široko spolupracuje s mnohými vedeckými pracoviskami, najmä s vysokými školami. Definovalo sa vedecké zameranie ústavu s ohľadom na možnosti a národné záujmy, čím sa prispelo k rozvoju vedeckovýskumnej činnosti vôbec, no najmä na Slovensku.

25. novembra 1975 Predsedníctvo SAV schválilo predloženú správu o zameraní a perspektíve rozvoja ústavu a súčasne premenovalo ústav na: *Ústav merania a meracej techniky SAV*.

Uznesením Predsedníctva SAV dňa 25. novembra 1980 bol ústav zaradený do *Centra elektro-fyzikálneho výskum SAV (CEFV SAV)* spolu s ďalšími dvomi ústavmi SAV. Riaditeľom CEFV SAV sa stal *akademik Oldrich Benda*.

24. mája 1990 Predsedníctvo SAV (po zániku CEFV SAV) schválilo zmenu názvu ústavu na dnešný *Ústav merania SAV*.

TEMATICKÉ ZAMERANIE VEDECKOVÝSKUMNEJ ČINNOSTI ÚSTAVU V OBLASTI MERANIA

V období rokov 1958 až 1962, keď sa začal na ústave koncipovať vedný odbor „meracia technika“, sa vynárali otázky, aký má pre vedu význam rozvíjať meranie metódami základného výskumu a akým podielom meranie ovplyvňuje poznávaciu stránku skúmaných prírodných javov a procesov. Objasnenie týchto problémov ovplyvnilo činnosť a zameranie ústavu po roku 1960 a značne posilnilo teoretickú bázu ústavu. Na základe vedeckých a odborných publikácií domácej a zahraničnej literatúry vedúci pracovníci ústavu koncipovali všeobecné problémy ako problémy metronomické.

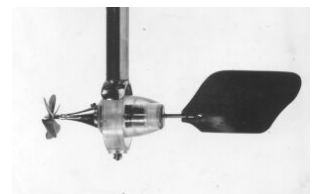
VÝSLEDKY VEDECKOVÝSKUMNEJ ČINNOSTI ÚSTAVU V OBLASTI EXPERIMENTÁLNYCH METÓD do roku 1990

Teoretické problémy merania sa skúmali v bezprostrednej nadväznosti na experimentálnu a aplikovanú oblasť meracích metód, ktoré sa v riešených vedeckovýskumných úlohách organicky viazali na odpovedajúci model meracieho prístroja. Výskum, vývoj a výroba vedeckých prístrojov a náročnosť tejto orientácie vyžadovala primerané finančné prostriedky a kvalifikované sily.

Unikátne prístroje na fyzikálne a technické merania

Z pomerne bohatej vedeckovýskumnej činnosti datovanej od založenia ústavu, uvádzame riešenie tých úloh, ktoré našli v praxi uplatnenie. Predovšetkým išlo o vývoj unikátnych meracích prístrojov určených pre vedecký výskum, z ktorých mnohé našli aj širšie uplatnenie a boli úspešne zavedené priamo do praxe.

Významným podielom prispeli pracovníci ústavu k výskumu v hydrodynamike vývojom *hydrometrického mikrokídla* (Š. Jurík, 1955) v rôznych modifikáciách. Išlo o zostrojenie špeciálnych prístrojov na meranie rýchlostí a pulzácií prúdenia od cca 5 cm/s s registráciou na filmový záznam.



Riešenie metód hydrostatickej nivelácie bolo zamerané na merania výškových rozdielov útvarov a objektov. Bol navrhnutý a

vyhotovený originálny *prístroj hydrostatickej nivelácie* (J. Bolf, Š. Jurík, 1960) s elektrickým odčítaním výšky vodných hladín v systéme prístroja. Výsledky merania pomocou logických obvodov automaticky indikoval elektronický dekadický čítač. Prístroj bol vyhotovený na požiadavku Vítkovických železiarní K.G. v Ostrave, kde sa úspešne používal na presné merania rovinnosti plôch veľkých strojných zariadení.

Na požiadanie Vítkovických železiarní bola navrhnutá optická metóda a zhotovený *prístroj na meranie priamosti vývrtov* (Š. Jurík, J. Hajda, 1965). Dovoľoval s presnosťou $1 \cdot 10^{-2}$ mm zistiť priestorovú krivku, ktorá je skutočnou osou vývrtu ťažkých turbínových hriadeľov s dĺžkou vývrtu do 25 m (s priermi vývrtu 55 - 150 mm). Tieto merania tvoria priamy podklad pre určenie kritických otáčok hriadeľov. Prístroj bol krytý čs. patentom a slúžil na kontrolu stavu obrábacích strojov.



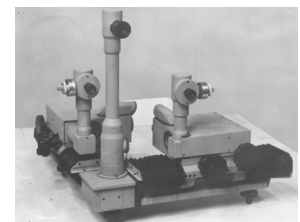
Pracovisko sa podieľalo aj na štátnom rezortnom pláne výskumu, a to v oblasti *merania základných veličín technologického procesu mlecieho cyklu v guľových mlynoch v rudnom úpravníctve* (K. Viktorín, 1963). Bola navrhnutá meracia metóda a prístrojové zariadenie rešpektujúce gradient teploty, pomocou ktorého sa dá exaktne sledovať plnenie guľového mlynu, čo bolo

v ekonomike rudného úpravníctva rozhodujúce.

Osobitnú kategóriu fyzikálnych prístrojov zhotovených v rámci experimentálnej metodiky tvorili optické prístroje.

Prvým prístrojom tohoto druhu bol *optický metrový komparátor* (J. Hajda, J. Bolf 1953-54). Ide o optický vysoko presný merací prístroj, ktorým bolo možné merať dilatácie tuhých alebo pružnoplástických materiálov.

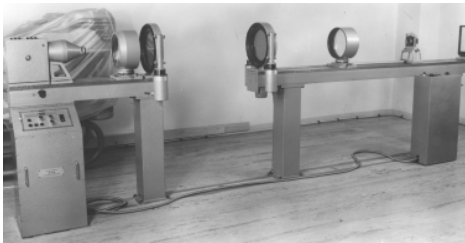
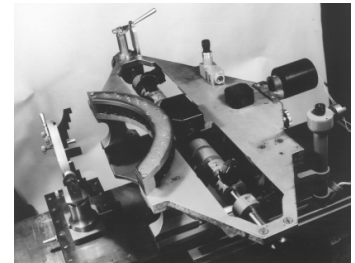
Ďalším prístrojom na tie isté účely bol *hydraulický extenzometer* (J. Hajda, 1958) s optickou registráciou, ktorým bolo možné dosiahnuť vyššiu presnosť ako dovtedy známymi systémami, rádovo až $1 \cdot 10^{-4}$ mm.



Vysoko bol ocenený špeciálny merací prístroj *pendameter* (J. Hajda, J. Bolf, 1956), ktorý bol vystavený aj na svetovej výstave v Bruseli v r. 1958. Slúžil na meranie náklonu a priehybu údolných priehrad a iných stavieb. V korune priehrady je zavesené kyvadlo, ktoré sa môže voľne pohybovať v šachte, prechádzajúcej

múrom priehrady až do jej spodnej základovej časti. Pri posune koruny priehrady oproti základom sa zmení tiež poloha kyvadla. Pendometer mal oproti zahraničným prístrojom tú výhodu, že umožňoval určiť súčasne obidve súradnice polohy kyvadla s presnosťou $2 \cdot 10^{-2}$ mm. Bola to o rád vyššia presnosť ako pri iných vtedy známych zahraničných prístrojoch.

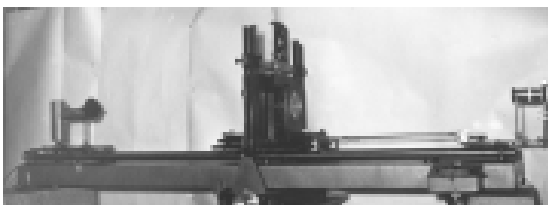
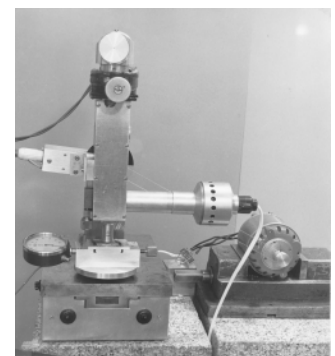
Nie menším vedeckým prínosom pracoviska je vývoj *prístroja na meranie asférických plôch* (J. Hajda, G. Štuller, 1956). Asférometer slúžil na meranie tvaru rotačných asférických plôch, dosiahnutá presnosť tohto prístroja bola $1 \cdot 10^{-2}$ mm. Konštrukčný princíp asférometra vzbudil aj v zahraničí pozornosť. Obširny komentár k nemu je v knihe *Formirovanie optických poverchnostej* (red. prof. K.G. Kumanin, vyd. Gosud. naucnotečnič. izdatelstvo Oborongiz, Moskva 1962).



prístroj na experimentálne modelové vyšetrenie hlavných parametrov požadovaných teoretickou mechanikou.

Na požiadanie n. p. ŠKODA PLZEŇ, odbor pre konštrukciu reaktorov jadrových elektrární, bol zhotovený *veľký polariskop* (J. Hajda, 1965), schopný zobrazit' vyšetovaný model s minimálnymi aberáciami. Model mohol mať priemer až 250 mm. Bol to unikátny optický

Fotoelektrické mikroskopy (K. Karovič, 1968) boli určené na kontrolu presnosti delenia lineárnych či kruhových stupnic s etalónom, alebo na porovnávanie stupnic s etalónom medzinárodného metra, realizovaným pomocou vlnovej dĺžky svetla s využitím interferometrov, alebo pri presnej výrobe integrovaných obvodov, keď bolo treba s presnosťou zlomkov vlnovej dĺžky bieleho svetla vzájomne nadväzovať naparované vrstvy. V dynamických fotoelektrických mikroskopoch, realizovaných na ústave, sa svetelný tok privádza na fotoreceptor priestorovo a časovo modulovaný.



Významná aplikácia fotoelektrických princípov je v oblasti metrológie, a to ich vhodnou nadväznosťou na *interferometrické metódy*. (J. Hajda, J. Tischler, 1970).

V oblasti optických fotometrických meraní sa dosiahol úspech s prístrojom *turbidimeter* (K. Viktorín, J. Hajda, 1972), ktorý používal originálnu kyvetu v tvare dýzy a obdĺžnikovým prietokom. Prístroj bol určený na kontinuálne meranie absorpcie a disperzie v kvapalnom a plynnom prostredí, ktoré sú zapríčinené koloidnými časticami alebo makroskopickými čiastočkami. Je určený tiež na kontinuálne meranie chemických zákalov, ako napr. určenie obsahu pevných čiastočiek v suspenziách, na stanovenie zákalu odpadových vôd priemyselných závodov, ako aj na meranie zamorených vodných tokov, zamoreného ovzdušia a pod.



Presné meranie geometrie zložitých obrazcov naparovaných vrstiev integrovaných obvodov je možné kontrolovať optickým prístrojom *expozičný komparátor* (J. Hajda, 1961), ktorý ústav vyhotovil na požiadanie Výskumného ústavu oznamovacej techniky A.S. Popova. Presnosť tohto unikátneho prístroja dosiahla $\lambda/2$ vlnovej dĺžky monochromatického svetla.

Na presnú optickú fotometriu premenných hviezd až do magnitúdy 11 bol vyhotovený *stelárny optický fotometer* (J. Hajda, J. Tischler, 1959) s orientačným okulárom so zorným poľom, ako majú bežné pozorovacie okuliare, vizérom na presné pozorovanie obrazu hviezdneho objektu v clonke, vymedzujúcej fotometrovanú časť zorného poľa, a s fotonásobičom, na ktorého katódu dopadá skúmaný svetelný tok hviezdy. V prístroji je zamontovaný rádiačný normál jasu a otočný polarizačný filter na meranie polarizácie svetla. Fotometer sa používal na fotometrický výskum v observatóriu SAV na Skalnatom Plese.



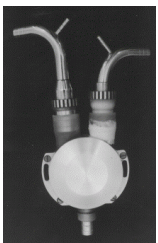
Bol zostrojený *fotometer* (J. Bartl, 1969) na bezkontaktné meranie relatívnych zmien hrúbky priezračných alebo polopriezračných vrstiev rôznych emulzií, lakov, tiež na meranie nehomogenít umelých vysokomolekulárnych látok a iných materiálov. Prístroj umožňoval merať relatívne zmeny hrúbky rozptýlených vrstiev, ak je koeficient rozptylu menší, resp. rovný koeficientu absorpcie. Vlnová dĺžka použitého žiarenia je $\lambda = 0,98$ až $1,0 \mu\text{m}$. Prístroj indikoval percento priepustnosti vyšetřovaného materiálu a po doplnení vhodným nulovým indikátorom (digitálnym voltmetrom) bolo možné merať relatívne zmeny hrúbky až $0,1 \mu\text{m}$ pri celkovej hrúbke 20 až $30 \mu\text{m}$.

Bola navrhnutá nová fotoelektrická meracia metóda a skonštruovaná *elektronická aparátúra na sledovanie pohybu priemetov hviezd* v ohniskovej rovine astronomického ďalekohľadu *pri určovaní času* (I. Frollo, 1966). Meracie zariadenie bolo inštalované v Astronomickom observatóriu Stavebnej fakulty SVŠT v Bratislave. Pre Astronomické observatórium v Beograde bolo realizované a inštalované druhé kompletne meracie zariadenie. Táto metóda posunula obidve tieto pracoviská do prvej desiatky medzi svetové observatória podieľajúce sa na určovaní času z rotácie Zeme.



Unikátne prístroje na biologické a fyziologické merania

Ústav sa značne podieľa na rozvoji modernej medicíny vývojom čerpadiel, označených ako prístroje pre mimotelový obeh krvi potrebných pri operáciách srdca. Ústav prispel k celkovému rozvoju československej srdcovej chirurgie, ktorá si získala uznanie v medzinárodnom meradle.

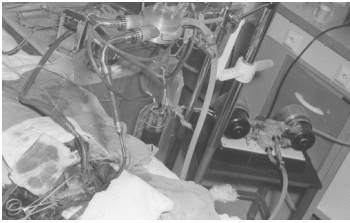


Prístrojom mimotelového krvného obehu pre srdcové operácie, používaným predovšetkým vo vedeckom výskume, bolo tzv. *chlopnové čerpadlo* (J. Bolf, 1960). Jeho vynikajúce vlastnosti, spočívajúce v možnosti tvarovania pulznej vlny a v ideálne riešených ventiloch - chlopniach, ho predurčili predovšetkým na vedeckovýskumnú činnosť.

Ďalší vývoj v oblasti *prístrojov pre mimotelový obeh krvi* (J. Bolf, a kol., 1962 - 1971) sa sústreďoval na zdokonalenie meracích systémov na meranie fyziologických a fyzikálnych parametrov pri napojení prístrojov na podporu mechanickej práce srdca prirodzenej cirkulácie. Regulačné zariadenia zabezpečovali synchronný podporný systém s javmi a procesmi súvisiacimi s prirodzenou činnosťou srdca.

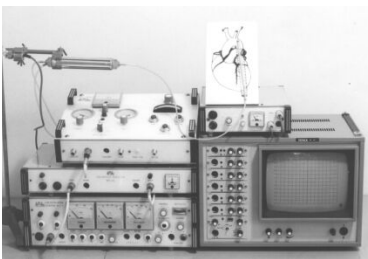


V rámci rozvoja *metód podporného obehu krvi* (K. Šiška, V. Holec, I. Frollo, 1971-1977) bola vyvinutá metodika a prístrojové vybavenie na aplikáciu metódy intraaortálneho podporného balóna, ktorý sa vsúval bez otvorenia hrudníka do



ascendenčnej aorty. Tento adaptívny model vyžadoval presnú a spoľahlivú synchronizáciu s priebehom aortálneho, resp. komorového tlaku.

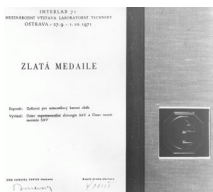
komplexnú aparatúru (I.Frollo a kol. 1971-1977) pozostávajúcu z týchto originálnych zariadení: *synchronizované paralelné dvojfázové čerpadlo na pneumatický pohon s elektronickou reguláciou, zariadenie na reguláciu výkonu čerpadla pri podpornom obehu v kardi-*



chirurgii, prístroj na neinvazívne meranie krvného tlaku, pletyzmografický princíp, ultrazvukový indikátor rýchlosti toku krvi na meranie krvného tlaku neinvazívnou metódou, univerzálna synchronizačná

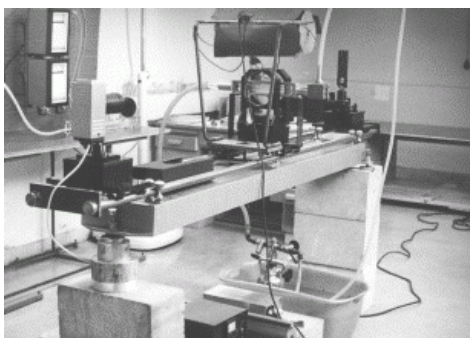
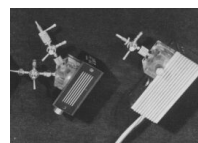


jednotka, pneumatický regulátor, pneumatická jednotka, klinická synchronizačná jednotka, klinická pneumatická jednotka, meracia ústredňa na meranie a vyhodnocovanie fyziologických parametrov.



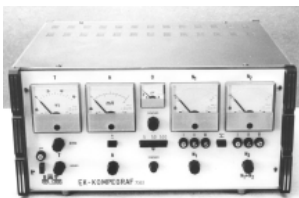
Prístroj na krátkodobú a dlhodobú podporu srdca s originálnym riešením elektromagnetického zdroja, bimumbránovej komôrky s chlopňovými ventilmi a synchronizáciou dostal roku 1971 Zlatú medailu INTERLAB-71 Ostrava.

Na presné meranie arteriálneho venózneho tlaku v otvorenom cievnom riečišti bol zhotovený originálny *fotoelektrický tlakomer* (J.Bolf, I.Frollo, 1971) s elektrickou analógovou alebo číslicovou indikáciou. Bol úspešne aplikovaný aj v pulmonálnej diagnostike.



Sledovanie dynamiky prúdového poľa tekutého média bolo umožnené zhotovením *optického šlírového prístroja*, ktorý sa využil pri štúdiu prúdových čiar v okolí chlopňových ventilov (J.Hajda, J.Bolf, 1963).

Rozloženia bioelektrických potenciálov, generovaných prirodzeným srdcom možno teoreticky skúmať *metódami vektorkardiografie* (P.Kneppo a kol. od r. 1967). V rámci uvedenej metódy bol navrhnutý prvý model, ktorý nahradzoval zložitú topológiu znázornenia elektrických prejavov činnosti prirodzeného srdca premietnutím na guľový povrch. Tento model prvej aproximácie bol doplnený presným meracím zariadením - *sférickým koordinátorom*. Podľa tohto modelu sa vytvorili základné predpoklady pre analýzu zložitej topológie potenciálového rozloženia na povrchu ľudského tela. Model sa použil na porovnávanie vektorkardiografických zvodových systémov (Mc Fee, Duchosal, Grishman, Kowarzyk) a na výskum šírenia prúdového poľa v tele meraného objektu pomocou analýzy rozloženia potenciálov na povrchu.



Úspešné počítačné riešenia prispeli k vypracovaniu novej *meracej metódy elektrokardiogramu*, využívajúcej princíp kompenzácie krátkodobých zmien bioelektrických napätí pomocou generovaného externého referenčného napätia s časovým priebehom navrhutej funkcie $A \cos^N \omega t$. Metóda bola matematicky modelovaná na samočinnom počítači. Na konkrétnu aplikáciu pre výpočet exponentov radu funkcie $A \cos^N \omega t$ pre nesúmerné výkyvy sa využíva univerzálne zariadenie *EK – kompegraf*, (P. Kneppo a kol.).

Jednou z prvých aplikácií mikropočítačov v medicínskej meracej technike bol prístroj *Reflexometer* (V. Rosík a kol., 1982) na automatické meranie a vyhodnotenie časových intervalov reflexu Achillovej šľachy.



Prístroj bol postupne zdokonaľovaný a vo verzii z roku 1982 sa skladal z optoelektronického snímača pohybu chodidla a vyhodnocovacej jednotky riadenej mikropočítačom Intel 8080. Výsledky merania boli zobrazované na troch číslicových displejoch, priebeh reflexu sa zobrazoval pomocou matice LED diód.

V rámci výskumu elektrickej a magnetickej aktivity srdca bol v Laboratóriu bioelektrických meraní v roku 1985 vyvinutý *automatizovaný systém EKKG-80*, (P. Kneppo a kol., 1985), ktorý pomocou cylindrického koordinátora CK-2 (na obrázku) zabezpečoval postupné mnohozvodové meranie

EKG spolu so súradnicami meraných bodov a tiež meranie magnetickej indukcie nad hrudníkom. Riadenie merania a vyhodnotenie nameraných údajov pomocou minipočítača PDP 11 umožnilo modelovanie zdrojov elektrického a magnetického poľa srdca a využitie získaných údajov pri hodnotení prípadného ochorenia srdca.

Merací a vyhodnocovací systém *Thyreomat* (V. Rosík a kol., 1987). Bol vyvinutý pre potreby výskumu a klinickej praxe ako prostriedok na komplexné hodnotenie činnosti štítnej žľazy vo vzťahu k endokrinnému, kardio-vaskulárnemu, neuromuskulárnemu a termoregulačnému systému. Neinvazívne snímače fyziologických veličín, ktoré sú pripojené na vyhodnocovaciú a riadiacu jednotku na báze mikropočítača, umožnili získať súbor obvodoých ukazovateľov, ktorý zahŕňa systolické časové intervaly, vyžarované teplo, povrchovú teplotu, srdcovú frekvenciu a časové intervaly achillogramu. Ich hodnoty sú prezentované na displeji formou kruhového diagramu a pomáhajú pri diagnostike funkčného stavu štítnej žľazy. Prototyp prístroja je dodnes využívaný pri vyšetreniach pacientov v Biofyzikálnom laboratóriu NsP akad. L. Dérera v Bratislave a umožnil doteraz uskutočniť tisíce vyšetrení.



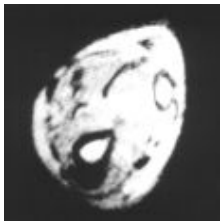
V nadväznosti na výskum metód merania a hodnotenia elektrickej aktivity srdca bol v roku 1988 v Laboratóriu bioelektrických meraní vyvinutý prístroj *Kardiomat*, (M. Tyšler a kol., 1987), ktorý mal zabudovaný jeden z prvých domácich personálnych počítačov - PP-04 a dovoľoval súčasné meranie až 46 EKG signálov a ich použitie pre výpočet máp potenciálov na povrchu tela. Potenciálové alebo integrálové mapy mohli byť zobrazované v čierno-bielej aj farebnej forme alebo vytlačené v rôznych formátoch. Prístroj umožňoval automatické posúdenie podobnosti nameraných máp s preddefinovanými vzormi a tým aj ich diagnostické využitie v klinickej elektrokardiológii.

Výsledkom výskumu v oblasti merania veľmi slabých magnetických polí bol systém *Biomagnetograf BM89/2* na meranie biomagnetických signálov srdca. Použitie gradiometrických snímačov v spojení so supravodivým kvantovým magnetometrom, vyvinutým na ústave, umožnilo účinné potlačenie rušivých polí a meranie bez špeciálnej tieniacej komory. Systém meral 1 zložku magnetickej indukcie postupne v bodoch mriežky nad hrudníkom a bol používaný na určovanie parametrov náhradného multipólového zdroja srdca. Merané údaje boli vyhodnocované pomocou počítačového komplexu *EKKG-80* (K. Viktorín, V.



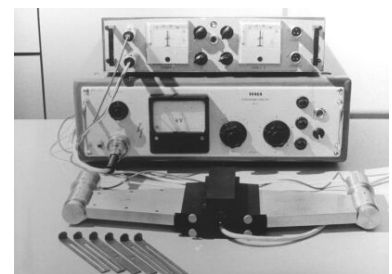
Zrubec, P. Tekel' a kol. 1986). Výskum v oblasti mnohokanálových systémov na meranie biomagnetických polí bol v roku 1990 zavŕšený 5 kanálovým meracím komplexom BM 89/2 so 4 kanálovou aktívnou kompenzáciou rušivých magnetických polí (využívajúci 9 supravodivých kvantových magnetometrov).

Od roku 1980 sa na ústave riešila séria projektov spojených s fyzikálnym javom *Nukleárna magnetická rezonancia*. Po sérii experimentov na požičanom elektromagnete a detekovaní prvého signálu NMR už v roku 1979 začala konštrukcia *NMR tomografu* (I.Frollo a kol.) Prvé tomografické obrázky boli publikované už v roku 1981. Aparatúra tomografu riadená mikropočítačovou technikou nijako



nezaostávala za obdobnou experimentálnou aparátúrou vo svete. Vtedy dostupnou výpočtovou technikou bola už vybavená aparátúra, ktorá mala názov: *Experimentálne zariadenie na tomografické zobrazovanie biologických štruktúr pomocou magnetickej rezonancie TMR-86*. Predsedníctvo SAV udelilo „Cenu SAV“ za rok 1987 za prácu „Príspevok k rozvoju tomografických zobrazovacích metód na princípe nukleárnej magnetickej rezonancie“ kolektívu riešiteľov. V 90-tych rokoch sa ukončila stavba *celotelového tomografu TMR-96*, ktorý sa dodnes úspešne používa na vedecký výskum.

Okrem uvedenej plánovanej vedeckovýskumnej činnosti, zameranej aj na vývoj meracích a vyhodnocovacích metód cestou zhotovovania unikátnych vedeckých meracích prístrojov, poskytoval ústav tzv. mimoplánovanú pomoc. Časť tejto činnosti zaberá pomoc *neurochirurgii, pľúcnej chirurgii a oblasti respiračných chorôb*. Bol to *optoelektrický*



prístroj na sledovanie pohybu bránic (I.Frollo, 1970). Prístroj bol klinicky testovaný v Ústave respiračných chorôb v Starom Smokovci, ďalej bol zhotovený *stereotaxický prístroj*, (J.Bolf a kol., 1985), pomocou ktorého možno operačnou cestou liečiť doteraz neliečiteľné stavy (ako napr. epilepsiu, ochrnutie a pod.), spolupráca s neurochirurgickými klinikami.

Experimentálna a realizačná činnosť ústavu bola veľmi rozsiahla. Okrem uvedených realizovaných prístrojov uvádzame aspoň názvy niektorých ďalších: *dávkovač splavenín s programovým riadením; optická lavica; magnetický variometer; prístroje pre mimotelový obeh; hadicový okysličovač; membránové čerpadlo; interferenčný prístroj pre geodéziu; Weissenbergov goniometer;*

mikrokomparátor; pyrometer; vysokoteplotné vákuové zariadenie; merač veľkých priemerov; lokátor; veľký polariskop; kompenzátor; bezkontaktné snímače teploty; mikrokomparátor; anemometer; hydrostatický výškomer; termočlánkový detektor žiarenia; merač korózie asfaltu; merač obežných dráh guľkových ložísk; optický kalorimeter; linka na testovanie umelých chlopní; meracia ústredňa MU 10; merač geometrie otvorov; supravodivý kvantový magnetometer; bezkontaktný teplomer, laserový interferometer; prístroj na lokalizáciu fotometrických rozhraní; elektrostatické voltmetre.

Bohatá je aj neplánovaná činnosť poskytovaná pracoviskám SAV a ČSAV, vysokým školám a sčasti rezortným výskumným ústavom v optike, jemnej mechanike a konštrukcii prístrojov. Mnohé tieto práce nebolo možné inde v ČSSR uskutočniť. Treba tu spomenúť zhotovenie rôznych optických súčastí: *hranoly – až 24 boké, šošovky o priemere až 300 mm, planparalelné doštičky, špeciálne optické klíny, jemnomechanické elementy, prístroje atď.*

Výsledky vedeckovýskumnej činnosti v oblasti teórie merania (1953-1986)

Prvé konkrétne teoretické práce v oblasti *teórie merania* (teoretickej metronomike) v ústave sa zameriavali na analýzu statických modelov merania. Cieľom týchto prác bolo nájsť nové, všeobecnejšie pohľady na meracie prístroje a meracie systémy, v ktorých sa vyskytujú náhodné (gaussovské a negaussovské) chyby merania (L. Kubáček a kol.)

Pomocou pojmu optimálneho priestoru spoľahlivosti s minimálnym objemom bol budovaný pojem *kvality meracieho systému*. Analýza modelu merania v prípade korelovaných veličín umožnila pomocou limitného prechodu analyzovať merania za prítomnosti spojitého gaussovského (normálne rozdeleného) šumu (L. Kubáček a kol.)

Bola analyzovaná *presnosť bodových odhadov* pri malom počte meraných hodnôt. Presnosť bodových odhadov meraných hodnôt, ak je meranie zaťažené normálne rozdelenými chybami, sa oceňuje pomocou smerodajnej odchýlky, v mnohorozmernom prípade pomocou kovariančnej matice. Tento parameter je v mnohých prípadoch vopred neznámy a presnosť sa v prípade malých súborov merania (< 30) oceňuje využitím metódy „studentizovania“ (L. Kubáček a kol.).

Vo viacerých teoretických prácach bol vybudovaný *zovšeobecnený lineárny model* merania umožňujúci prístupnými metódami lineárnej algebry analyzovať väčšinu bežne sa vyskytujúcich situácií pri analýze súboru nameraných údajov. Práca *Priestory spoľahlivosti pri Helmertovej transformácii* bola r. 1965 zaslaná

do súťaže o kongresovú prémii XI. kongresu FIG (Federation Internationale des Geometres) v Ríme, kde získala prvú cenu (L. Kubáček).

Ústav riešil problém analýzy nameraných údajov v prípade *kvantovania stupnice* meranej veličiny. Problém vzniká v súvislosti s použitím číslcových výstupov meracích prístrojov (L. Kubáček a kol.)

Bol vypracovaný teoretický postup pre odhad parametrov *mnohorozmernej regresie* pri koncentrácii náhodných odchýlok v uzloch meranej veličiny. Úspešne bola aplikovaná teória odhadu parametrov mnohorozmernej regresie v metódach spojovania plošných astronomicko-geodetických sietí pri zvážení ich štatistických vlastností (L. Kubáček a kol.)

Bol rozpracovaný *metronomický model merania* vychádzajúci zo všeobecných princípov metodológie vied, ktorý meranie chápe ako priradenie kvantitatívnej charakteristiky meranému objektu na základe empirickej ekvivalencie meraného objektu s niektorým zhmotneným kódom z metronomickej stupnice meranej veličiny. Bolo vytýčených a analyzovaných *jedenásť postulátov*, ktoré sú podmienkou pre vykonanie kvantifikácie a zistenie empirickej ekvivalencie pre získavanie empirických poznatkov kvantitatívneho charakteru, napr. v nefyzikálnych vedných disciplínach (I. Staríček).

Viacere teoretické práce sa zaoberali matematickými metódami *optimálneho navrhovania experimentov*. Úspešne sa vyriešil problém jedнокrokového optimalizácie regresného i diskriminujúceho experimentu. Bola vypracovaná sekvenčná metóda výpočtu optimálneho návrhu experimentu v prípade existencie nadbytočných parametrov. Bola tiež navrhnutá metóda *n-krokového optimalizácie* v prípade, že je k dispozícii apriórna informácia o meraných parametroch. Dosiahnuté výsledky boli aplikované v experimentoch fyziky elementárnych častíc v SÚJV v Dubne, ZSSR (A. Pázman).

Bol riešený problém *testovania hypotézy o tvare spojitého signálu* na pozadí spojitého gaussovského šumu. Vypracovaný model merania bol aplikovaný na meranie tvaru guľiek v guľčkových ložiskách (spolupráca so ZVL) (L. Kubáček a kol.)

Ústav dosiahol prvé orientačné výsledky pri budovaní matematického modelu merania vychádzajúceho zo základných vlastností *kvantovomechanických meraní* (A. Dvurečenskij, S. Pulmannová).

V spolupráci s teoretickými fyzikmi z Univerzity Komenského bol vyriešený problém *testovania analytičnosti komplexnej frekvencie* v jednoducho súvislej oblasti z experimentálnych hodnôt nameraných na hranici oblasti (L. Kubáček a kol.)

V oblasti *sociometrických a farmakometrických meraní* boli skúmané základné kritériá metronomického modelu týchto meraní a základné postuláty pre navrhovanie optimálnych modelov (L. Kubáček a kol.)

Boli študované problémy a dosiahnuté nové výsledky v oblasti teórie merania nepriamo pozorovaných *náhodných procesov* a riadených *markovovských procesov*. (F. Štulajter a kol.)

Bola vypracovaná teória funkcionálneho modelu *optimálneho návrhu experimentu* a vypracovaný algoritmus výpočtu *D-optimálneho návrhu* s využitím Hilbertových priestorov, generovaných reprodukčným jadrom. (A. Pázman).

Dosiahli sa dôležité výsledky v oblasti *štatistických vlastností kvadratickej formy* normálneho náhodného vektora pri optimalizácii odhadu neznámeho parametra kovariančnej funkcie uvažovaného vektora. Vyriešil sa problém *odhadu lineárneho funkcionálu* faktorov kovariančnej matice v konečnorozmernom *univerzálnom regresnom modeli*. Vyriešil sa tiež problém výpočtu nevychýleného odhadu s minimálnou disperziou pre polynóm, ktorého argumentom je nepriamo meraný vektor parametrov. (L. Kubáček a kol.)

Bola vytvorená metóda pre *navrhovanie experimentu pre odhad polynomiálnych funkcionálov*. Získali sa nové poznatky o singulárnych návrhoch experimentu. Systematicky boli spracované metódy asymptotickej teórie v štatistike. Získali sa nové výsledky v oblasti matematických metód modelovania experimentu pomocou kvantových logík a o vlastnostiach náhodných procesov na logikách. (A. Pázman a kol.)

Vytvorená bola jednotná *metóda konštrukcie slabo univerzálnych kódov* a boli preskúmané vzťahy slabého a silného univerzálného kódovania. (Š. Šujan).

Boli nájdené postačujúce podmienky pre *univerzálne kódovanie* pre triedy rovnovážnych stavov klasických dynamických systémov a bola vytvorená všeobecná teória robustnosti stacionárnych kódov. (A. Dvurečenskij).

Zistili sa postačujúce podmienky pre existenciu rovnomerne najlepších (nevychýlených) invariantných *kvadratických odhadov* v *dvojetapovom regresnom modeli*. Simulačným spôsobom sa preskúmali typy distribučných funkcií takýchto odhadov a konštatovala sa ich príbuznosť k rozdeleniam typu gama. Bola vypracovaná metóda pre určenie lokálne najlepšieho nevychýleného odhadu pre lineárny funkcionál parametrov kovariančnej matice v rámci replikovaného regresného experimentu. (A. Slobodová a kol.)

Boli preskúmané *asymetrické rozdelenia testovacích štatistík*. Bolo dokázané, že pre viacrozmerné rozdelenie sú splnené modifikované Waldove axiómy pre konzistenciu odhadu maximálnej vierohodnosti a Cramér-Raove podmienky regularity. V oblasti testovania štatistických hypotéz sa podarilo dokázať, že

štatistika pomeru vierohodností je optimálna pre testovanie hypotézy o parametri v zmysle presných strmostí (Bahadurova účinnosť). (F. Rublík).

Boli odvodené *optimálne odhady pre parametre stredných hodnôt variancií* v zovšeobecnených lineárnych modeloch v n-etapách a odvodené lokálne optimálne odhady pre iné ako normálne rozdelenie s konečnými 3. a 4. momentmi. V zmiešanom lineárnom modeli s variančnými komponentmi bol odvodený výraz pre aproximáciu disperzie dvoj etapového odhadu lineárnej funkcie parametra strednej hodnoty na báze Taylorovej vety. Pomocou simulačných metód boli overené intervalové odhady pre rôzne typy rozdelení pravdepodobnosti. (J. Volaufová a kol.)

Najvýznamnejšie výsledky rokov 1987-90

Na záver tejto časti historického prehľadu je ešte treba pripomenúť najvýznamnejšie výsledky rokov 1987-90, ktoré boli deklarované vo výročných správach ústavu:

1. Optimálne odhady kvadratickej funkcie parametrov prvého rádu a MSE (*Mean Square Error*) odhady parametrov 2. rádu v zmiešanom lineárnom modeli. Preskúvané boli vlastnosti ML-odhadov v prípade, že skutočné rozdelenie patrí do predpokladanej triedy. Pre numerické zabezpečenie bol vypracovaný nový prístup k výpočtu zovšeobecnenej inverzie matice a preskúvané základné vlastnosti jej stability (J. Volaufová a kol.)
 2. Odhady typu MINQUE (Minimum Norm Quadratic Unbiased Estimator) v oblasti lineárnych modelov s variančno-kovariančnou štruktúrou. Vyriešený bol problém redukovanej Rényiho informácie pri nerovnomernom delení fázového priestoru (J. Volaufová a kol.)
 3. Dialógový systém spracovania obrazov. Programové vybavenie, počítačová simulácia metódy Fourierovej inverzie pre rekonštrukciu tomografických obrazov z projekcií (I. Bajla a kol.)
-
4. Programy na fitovanie parametrov zdroja magnetického signálu modelom v tvare dipólu a dipólu plus kvadrupólu v polokonečnom homogénnom prostredí a programy pre rýchly adaptívny lineárny algoritmus pre lokalizáciu generátora v polokonečnom homogénnom prostredí (M. Tyšler a kol.)
 5. Model päťkanálovej snímacej sústavy so štvorkanálovou elektronickou kompenzáciou signálov rušivých magnetických polí. Zhotovený bol experimentálny model supravodivého kvantového magnetometra s budiacou frekvenciou 0,5 GHz (V. Zrubec a kol.)

6. Pôvodné poznatky v oblasti hľadania vhodných východziech materiálov a metód tvarovania SQUID štruktúr z vysokoteplotných supravodičov (A. Cigáň a kol.)
7. Merania rovinnosti lesklých a čiastočne lesklých technických plôch do priemeru 100 mm (J. Bartl a kol.)
8. Metóda na overenie presnosti riešenia inverznej úlohy elektrokardiológie na báze numerického riešenia priamej úlohy s uvážením nehomogenít. Boli ukončené funkčné vzorky prístrojov Thyreomat na meranie a vyhodnocovanie prejavov thyreopatií a Kardiomat na mnohokanálové meranie a okamžité integrálové mapovanie povrchu hrudníka. Bol navrhnutý multipólový model zdroja elektromagnetického poľa a jeho spätné určenie z meraných polí metódou neurónových sietí (M. Tyšler a kol.).
9. Funkčný vzor prístroja Elmakart na meranie a mapovanie EKG. Ukončili sa klinické skúšky prístroja Thytest a bol rozpracovaný projekt prístroja Thyreoscan (M. Tyšler a kol.).
10. Pneumotachograf na meranie objemovo-rýchlostných charakteristík pľúc a mechaniky dýchania pre LF UK v Martine a pre II. Detskú fakultnú nemocnicu v Bratislave (J. Bartkoviak a kol.)
11. Funkčná vzorka prístroja na stanovenie C vitamínu v krvi, pričom meracia metóda bola založená na elektrochemickom princípe (M. Martišovitšová a kol.)
12. Na zobrazenia protónovej hustoty NMR tomografu bola rozpracovaná metóda znižovania vplyvu nehomogénnych zložiek magnetického poľa na obraz spinovej hustoty (I. Frollo a kol.)
13. Metódy na určenie minimálneho počtu meraní pri aproximačnom modeli magnetického poľa, metódy na stanovenie parametrov cievok, metódy merania prietokov, angiografie, homogenity magnetického poľa, chemického posunu a susceptibility (I. Frollo a kol.)
14. Programové moduly na automatizované vyhodnocovanie interferenčných obrazov pomocou metódy lokalizácie extrémov interferenčných prúžkov a metódy Fourierovskej analýzy interferenčného obrazu (K. Karovič a kol.)
15. Model zariadenia na meranie polohy pendametrickeho závesu v referenčnej rovine pomocou CCD kamier. Zariadenie bolo určené na meranie zmien náklonu objektov reaktorov jadrových elektrární (Ľ. Ondriš a kol.)



VÝCHOVA VEDECKÝCH PRACOVNÍKOV

Ústav merania SAV je od roku 1961 riadnym školiacim pracoviskom a súčasne pracoviskom pre obhajoby kandidátskych (doktorandských) dizertačných prác v odbore 39-71-9 „Meracia technika“ a neskôr aj v odbore 39-52-9 „Bionika a biomechanika“.

Počas existencie tejto formy štúdia ukončilo štúdium úspešnou obhajobou dizertačnej práce celkom 100 pracovníkov (interných aj externých), z toho 7 z odboru Bionika. Ústav mal k dnešnému dňu spolu 22 interných školiteľov.

Pracovníci ústavu participujú aj v spoločnej komisii pre obhajoby doktorských dizertačných prác v odboroch „Meracia technika“, „Metrológia“ a „Bionika a biomechanika“. Doteraz v tejto komisii obhájilo 8 uchádzačov titul DrSc.

VÝSLEDKY MEDZINÁRODNEJ SPOLUPRÁCE

Medzinárodná vedecká spolupráca do roku 1990 sa orientovala hlavne na vedeckovýskumné pracoviská vtedajších socialistických štátov.

Dlhoročné sústavné kontakty s rôznymi pracoviskami týchto štátov, v ktorých sa zaoberajú všeobecnými problémami merania, neboli väčšinou zakotvené zmluvne, a to vzhľadom na našu malú pracovnú kapacitu tých oblastí, o ktoré mali z jednotlivých krajín – obzvlášť zo ZSSR - záujem. Napriek tomu sa vtedy hovorilo o úspešných výsledkoch tejto spolupráce.

Konkrétne treba vyzdvihnúť dlhoročnú spoluprácu v Spojenom ústave jadrového výskumu (SÚJV) v Dubne na základe dohody o pravidelnej účasti čs. pracovníkov na práci SÚJV. Cieľom spolupráce bolo prispieť k riešeniu vedeckovýskumných problémov v oblasti matematických metód plánovania zložitých vedeckých experimentov vo fyzikálnych výskumoch jadrovej fyziky. Táto skutočne úspešná spolupráca existuje aj dnes.

Aktívna spolupráca existovala aj s Inštitutom avtomatiky i elektrometrie AN SSSR v Novosibirsku. Ústav sa zaoberal vedeckým výskumom v oblasti nových metód merania, výskumom a vývojom fyzikálnych vedeckých meracích prístrojov, ako aj prístrojov pre rôzne vedecké a technické oblasti. Pre nás bola poučná bezprostredná nadväznosť výsledkov vedeckého výskumu na potreby priemyselnej a technickej praxe.

Významné výsledky spolupráce sa dosiahli v oblasti lekárskej prístrojovej techniky a metodiky merania fyziologických parametrov prístrojov pre mimotelový a podporný obeh krvi. Veľmi plodnú spoluprácu v tomto smere viedlo pracovisko akademika K. Šišku - Ústav experimentálnej chirurgie SAV (dnes Ústav pre výskum srdca SAV). Kolektív pracovníkov akademika K. Šišku zaviedol *metodiku mimotelového obehu krvi* priamo na klinike akademika K. D.

Eristaviho v Tbilisi (v dňoch 30.5. - 20.6. 1960). Súčasne bol odovzdaný čs. *prístroj pre mimotelový obeh krvi, skonštruovaný a vyhotovený na našom ústave* (J.Bolf), pomocou ktorého akademik K. Šiška so svojim kolektívom uskutočnil tri úspešné prvé operácie na otvorenom srdci v tejto časti ZSSR. Bol to vtedy vedecký čin, ktorý vysoko vyzdvihla sovietska vedecká a lekárska verejnosť a oznamovacie prostriedky. Podiel nášho ústavu bol v rozpracovanej meracej a prístrojovej technike prístroja pre mimotelový obeh krvi, ktorý sa stal prvým laboratórnym, experimentálnym a klinickým prístrojom Gruzínskej akadémie vied. Podobná úspešná vedecká expedícia sa uskutočnila r. 1959 do Lekárskej akadémie v Lodži, Poľsko.

Od tých čias sa dotovala aj spolupráca hlavne s moskovskými pracoviskami Lekárskej akadémie vied, hlavne s Inštitútom srdcovej a cievnej chirurgie AMN SSSR a Inštitútom chirurgie A.V.Višnevského. S týmito pracoviskami spolupracovalo pracovisko akademika K. Šišku, vtedajšieho predsedu SAV. Ústav teórie merania SAV s nimi spolupracoval nepriamo, prostredníctvom Ústavu experimentálnej chirurgie SAV. Takýmto spôsobom sa uskutočňovala široká vzájomná výmena pracovníkov ÚTM a moskovských lekárskejších pracovísk, ďalej výmena časopiseckých publikácií, experimentálnych pomôcok a pod.

Priama spolupráca ÚTM bola s Inštitútom problem predači informácii AN SSSR - Moskva, a to v oblasti merania elektrických prejavov činnosti srdca, (P. Kneppo a kol.) Išlo tu hlavne o metodiku teoretického a experimentálneho modelovania kriviek zobrazujúcich topológiu bioelektrických potenciálových polí. O túto spoluprácu bol obojstranný záujem a jej získané výsledky priniesli svoj vedecký úžitok. Táto spolupráca existuje aj dnes.

Oddelenie matematických metód v metronomike spolupracovalo od r. 1965 s Matematickým ústavom Maďarskej akadémie vied v oblasti teoretických a aplikovaných problémov teórie pravdepodobnosti a matematickej štatistiky. Táto spolupráca priniesla svoje dobré výsledky nielen v konkrétnych riešeniach vedeckovýskumných úloh, ale aj v konzultáciách pri koncipovaní rozvoja matematických problémov metronomiky.

V osemdesiatych rokoch sa ústav podieľal na spolupráci akadémií vied susedných krajín najmä

- v oblasti vývoja interferometrov (Centrum pre stavbu vedeckých prístrojov Nemeckej akadémie vied, NDR)
- metód merania a vyhodnocovania biologických signálov (Ústav kybernetiky a biomed. inžinierstva Poľskej akadémie vied)
- metód a špeciálnych zariadení na výskum slabých magnetických polí (Fyzikálno-technický ústav nízkych teplôt Ukrajinskej akadémie vied).

Spoločenské a politické okolnosti vplyvajúce na činnosť ústavu do roku 1989.

Činnosť ústavu do roku 1989 bola nesporne pod vplyvom vtedajších politických pomerov. Medzinárodná vedecká spolupráca ústavu bola orientovaná predovšetkým na socialistické štáty v rámci RVHP, určujúci bol „Komplexný program RVHP“. Mnohé aktivity boli obmedzené rôznymi súbormi opatrení a smerované na realizáciu uznesení a rozpis vedeckých úloh po zjazdoch strany... Boli vyžadované metódy socialistickej súťaže a racionalizácie. Vedecký výskum bol podmienený integráciou so štátnym plánom základného výskumu ZSSR. Charakter tejto doby je zaznamenaný napr. v Zborníkoch prác k 12. a k 20. výročiu ústavu a dostupný v dokumentoch Ústredného archívu SAV.

Začiatkom roku 1990 po politických a spoločenských zmenách ústav začal písať svoju novú históriu.

KONFERENCIE

Ústav merania SAV sa vo svojej histórii podieľal na organizovaní mnohých vedeckých seminárov, workshopov, konferencií a sympózií. Medzi najvýznamnejšie v poslednom desaťročí patria medzinárodné vedecké konferencie MEASUREMENT a ProbaStat. Pracovníci ústavu boli členmi organizačných výborov mnohých ďalších domácich i medzinárodných vedeckých podujatí.



Konferencie MEASUREMENT

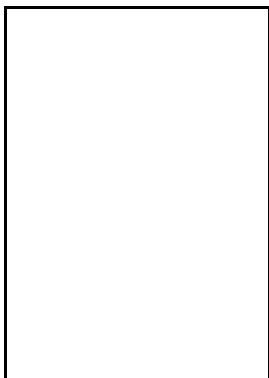
Prvá medzinárodná konferencia o meraní MEASUREMENT 97 sa konala 29.-31. mája 1997 v Kongresovom centre SAV Smoleniciach. Konferencia nadviazala na tradíciu predchádzajúcich medzinárodných workshopov MEASUREMENT, ktoré sa konali v rokoch 1991, 1992, 1993 a v roku 1995 v Smoleniciach a boli pokračovaním predchádzajúcich konferencií EMISCON. Pôvodným cieľom týchto workshopov bolo vytvoriť priestor pre konfrontáciu výsledkov dosiahnutých pracovníkmi Ústavu merania SAV so súčasnými výsledkami dosiahnutými na zahraničných pracoviskách, obyčajne prezentovanými pozvanými zahraničnými expertmi. Tradičnými nosnými témami workshopov boli

– teória merania, – návrh experimentálnych systémov pre meranie vybraných fyzikálnych veličín, – matematické a počítačové modelovanie bionických štruktúr a biosignálov, a konečne – rozvoj meracích systémov pre biomedicínu. Výrazný medzinárodný úspech týchto workshopov prirodzene viedol k myšlienke usporiadať cyklus medzinárodných konferencií, organizovaných Ústavom merania SAV v spolupráci s ďalšími domácimi a zahraničnými inštitúciami (Technickou univerzitou Kielce, Poľsko, Technickou univerzitou Viedeň, Rakúsko a Západočeskou univerzitou v Plzni, ČR), ktorých cieľom by bolo vytvoriť medzinárodné fórum, ktoré by zastrešovalo vednú oblasť merania – *measurement science* – v našom stredoeurópskom priestore. Od roku 1997 sa konferencie organizujú v pravidelnom dvojročnom cykle.

Druhá medzinárodná konferencia MEASUREMENT 99, sa konala v Kongresovom centre SAV v Smoleniciach v dňoch 26.-29.4.1999. Konferencie sa zúčastnilo 86 účastníkov, z toho zahraničných účastníkov bolo 51 (Belgicko, Česká republika, Francúzsko, Írsko, Litva, Nemecko, Holandsko, Poľsko, Rakúsko, Rusko, Ukrajina). Spolupráca bola rozšírená o účasť Elektrotechnickej fakulty TU Brno a Rakúsky ústav pre východnú a juhovýchodnú Európu, pobočka Bratislava. Na konferencii bola obsiahnutá celá škála informácií z oblasti od základného výskumu cez aplikovaný výskum až po praktické meracie metódy uplatňované v praxi.

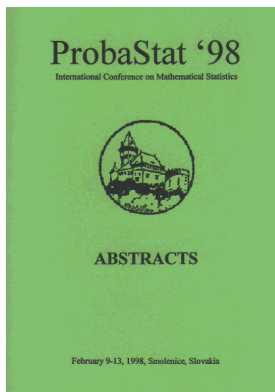


V roku 2001 zorganizoval Ústav merania SAV v poradí 3. medzinárodnú konferenciu MEASUREMENT 2001 pod záštitou medzinárodnej organizácie IMEKO TC-7 a v spolupráci so zahraničnými pracoviskami: Technickou univerzitou Viedeň (Rakúsko), Technickou univerzitou Kielce (Poľsko), Elektrotechnickou fakultou TU Brno (ČR), Rakúskym ústavom pre východnú a juhovýchodnú Európu, pobočka Bratislava a slovenskými inštitúciami: Fakultou elektrotechniky a informatiky STU, Úradom pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo SR a Slovenským metrologickým ústavom. Konferencia bola členená do sekcií: – teoretické problémy merania, – meranie v biomedicíne, – meranie fyzikálnych veličín, – posterová sekcia. Bolo prednesených 52 referátov, 3 pozvané plenárne prednášky a 47 posterov. Okrem domácich boli účastníkmi vedci zo 14 krajín sveta (Austrália, Belgicko, Česko, Holandsko, Chorvátsko, Írsko, Japonsko, Litva, Lotyšsko, Nemecko, Nórsko, Poľsko, Rakúsko, Rusko).



V jubilejnom roku 2003 sa v dňoch 15. až 19. júna bude v Smoleniciach konať už štvrtá medzinárodná konferencia MEASUREMENT 2003. Konferencia bude opätovne príležitosťou na prezentovanie najnovších výsledkov dosiahnutých vo vednej oblasti *measurement science*. Konferencia je podporená organizáciou IMEKO, technické komitety TC-7 a TC-13, technická podpora prostredníctvom medzinárodnej organizácie IEEE.

Konferencie ProbaStat



Ústav merania SAV je taktiež spoluorganizátorom (tradične v spolupráci s Fakultou matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského v Bratislave, Matematickým ústavom SAV a Jednotou slovenských matematikov a fyzikov) medzinárodných konferencií o matematickej štatistike ProbaStat.

Prvá medzinárodná konferencia o pravdepodobnosti a matematickej štatistike ProbaStat (26.-30.8.1991, Bratislava) nadviazala na dlhoročnú tradíciu domácich československých ProbaStatov (prvý ProbaStat bol zorganizovaný v roku 1975). Konferencie sa zúčastnilo viac ako 90 účastníkov



Účastníci druhej medzinárodnej konferencie o matematickej štatistike, ProbaStat 94

z 15 krajín sveta. Zaznelo 14 pozvaných plenárnych prednášok a 54 príspevkov na témy *mnohorozmerná analýza, navrhovanie experimentu, nelineárna regresia, neparametrické a robustné metódy, kvantové pravdepodobnosti, stochastické procesy a aplikácie*.

Druhá medzinárodná konferencia ProbaStat 94 (30.5.-3.6.1994 v Kongresovom centre SAV v Smoleniciach) mala mimoriadny medzinárodný úspech. Zúčastnilo sa jej takmer 80 významných matematických štatistikov reprezentujúcich 14 krajín. Počas otvorenia konferencie Slovenská akadémia vied udelila po prvýkrát vo svojej histórii čestný titul doktor vied prof. C.R. Raovi z Pennsylvania State University, USA ako ocenenie jeho vedeckej práce, ktorá mala mimoriadny vplyv na celosvetový rozvoj matematickej štatistiky.

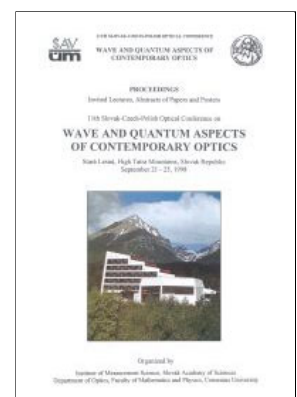


Tretiu medzinárodnú konferenciu o matematickej štatistike ProbaStat 98 (9.-13.2.1998 v KC SAV v Smoleniciach) spoločne zorganizovali Matematický ústav SAV, Matematicko-fyzikálna fakulta UK a Ústav merania SAV v spolupráci s Jednotou slovenských matematikov a fyzikov a so Slovenskou štatistickou a demografickou spoločnosťou. Na konferencii sa zúčastnilo 50 odborníkov, matematických štatistikov z 10 krajín sveta (Belgicko, Česká republika, Francúzsko, Kuwait, Poľsko, Rakúsko, Slovenská republika, Spojené štáty americké, Spolková republika Nemecko, Veľká Británia). Hlavnými témami konferencie boli *regresné modely, analýza časových radov, optimálny návrh experimentu, pravdepodobnostné modelovanie a finančná matematika*. Príspevky boli publikované v zborníku príspevkov vydanom v časopise Tatra Mountains Mathematical Publications (vydáva MÚ SAV) ako špeciálne číslo.

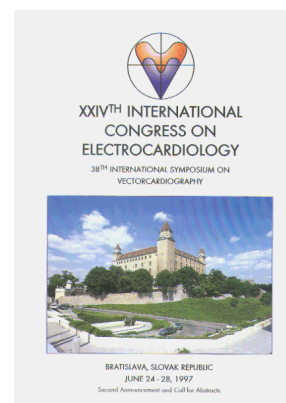
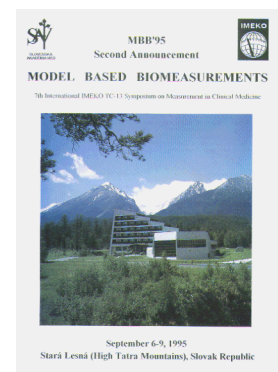
ProbaStat 2002 – štvrtej medzinárodnej konferencie o matematickej štatistike (4. - 8.2.2002, Smolenice) sa zúčastnilo viac ako 60 odborníkov, matematických štatistikov z 11 krajín sveta. Hlavnými témami konferencie bolo testovanie hypotéz, štatistické rozhodovanie, analýza časových radov, regresné modely, optimálny návrh experimentu, pravdepodobnostné modelovanie a aplikácie štatistických metód v iných vedných odboroch.

Prehľad seminárov, sympózií a konferencií organizovaných Ústavom merania SAV.

1. „**Sympóziu o teórii merania SAV**“ 7.-8.10.1963, Smolenice
2. „**Medzinárodné sympóziu o spracovaní informácií v meracích systémoch**“ 7.-10.10.1969, Pezinok (2 organizátori)
3. Letná škola „**Pravdepodobnosť na algebraických štruktúrach**“ 29.6.-3.7.1970, Bratislava (2 organizátori)
4. „**Vektorkardiografická konferencia**“ 1.-4.12.1970, Smolenice (3 organizátori)
5. Konferencia „**EMISCON 1973**“ 24.-26.10.1973, Brno (ÚM – spoluorganizátor)
6. „**Sympóziu o metodológii respiračných funkčných vyšetrení**“ 8.-9.11.1973, Nový Smokovec (ÚM – spoluorganizátor)
7. Sympóziu o teórii pravdepodobnosti, matematickej štatistike a ich aplikácii v meraní „**Probastat 1975**“ 12.-15.5.1975 Smolenice
8. Konferencia „**Meranie a modelovanie elektrického poľa srdca**“ 14.-17.6.1976, Smolenice
9. Konferencia o matematickej štatistike „**ProbaStat '78**“ 30.1.-2.2.1978, Smolenice (2 organizátori)
10. Sympóziu „**Teoretické problémy merania**“ 4.-7.2.1980, Smolenice, sympóziu TC-7 ČsNK IMEKO a PROBASTAT '80 (ÚM – spoluorganizátor)
11. „**SELPA – medzinárodné sympóziu**“ 12.-14.11.1980, Smolenice. (IFAC Workshop '80, automatizácia vedeckých experimentov a laboratórnych postupov, ÚM - spoluorganizátor)
12. „**EMISCON '81. Teória merania a jej aplikácia v praxi**“ 25.-27.5.1981, Štrbské pleso (5 organizátorov)
13. „**3. československé sympóziu o slabej supravodivosti**“ 25.-29.4.1983, Smolenice, (ÚM - spoluorganizátor)
14. Konferencia „**EMISCON '83. Teória merania a jej využitie v praxi**“ 4.-6.5.1983, Tatranská Lomnica (8 organizátorov)
15. „**10. medzinárodný elektrokardiologický kongres (24. medzinárodné vektokardiologické sympóziu)**“ 16.-19.8.1983, Bratislava (3 organizátori)
16. „**Sympóziu o metodológii respiračných funkčných ochorení**“ 3.-6.10.1984, Nový Smokovec (ÚM - spoluorganizátor)
17. Sympóziu „**Teória merania pre prax**“ 12.-16.11.1984, Smolenice (ÚM - spoluorganizátor)



18. „**IV. Čs. sympóziu m o slabej supravodivosti**“ 7.-11.4.1986, Smolenice (ÚM - spoluorganizátor)
19. Satelitné sympóziu m Medzinárodného elektrokardiologického kongresu vo Florencii „**Cardiac Electrical Field, its Measuring, Modelling and Interpretation**“ 17.-21.9.1990, Stará Lesná (ÚM – spoluorganizátor)
20. Konferencia „**EMISCON + MEASUREMENT `91**“ 11.-14.3.1991, Smolenice (2 organizátori)
21. Konferencia „**ProbaStat `91**“ 26.-30.8.1991, Bratislava (ÚM - spoluorganizátor)
22. Workshop „**MEASUREMENT `92**“ 18.-20.5.1992, Smolenice.
23. Workshop „**Statistical Analysis and Design**“ 23.-27.11.1992, Bratislava (ÚM – spoluorganizátor)
24. Sympóziu m „**Control of Heart Rhythm**“ 6.-9.4.1992, Smolenice (4 organizátori)
25. Workshop „**Measurement `93**“ 3.-5.5.1993, Smolenice
26. Konferencia „**ProbaStat `94**“ 30.5.-3.6.1994, Smolenice (3 organizátori)
27. Workshop „**Measurement `95**“ 29.-31.5.1995, Smolenice
28. „**Model Based Biomeasurements**“, 7th International IMEKO TC-13 Symposium on Measurements in Clinical Medicine 6.-9.9.1995, Stará Lesná. (ÚM - spoluorganizátor)
29. „**XXIV. International Congress on Electrocardiology**“ 24.-28.6.1996, Bratislava (5 organizátorov)
30. Workshop „**TEMPUS-TELECOMNET**“ 3.-5.2.1997, Smolenice (2 organizátori)
31. Konferencia „**Measurement `97**“ 29.-31.5.1997, Smolenice
32. Konferencia o matematickej štatistike „**ProbaStat `98**“ 9.- 13.2.1998, Smolenice (5 organizátorov)
33. „**XI. Slovensko-česko-poľská optická konferencia**“ 21.-25.9.1998, Stará Lesná (2 organizátori)
34. „**2nd International Workshop Applied Informatics in Biomedicine and Medical Engineering**“ 22.-28.8.1998, Žilina, Bratislava (ÚM - spoluorganizátor)
35. Konferencia „**MEASUREMENT `99**“ 26.-29.4.1999, Smolenice
36. Konferencia „**MEASUREMENT 2001**“ 14.-17.5.2001, Smolenice
37. Konferencia o matematickej štatistike „**ProbaStat 2002**“ 4.-8.2.2002, Smolenice (4 organizátori)



Publikačná aktivita

Monografie - 22

Kapitoly v monografiách – 30

Publikácie v periodikách evidovaných
v Current Contents – 275

Publikácie v ostatných periodikách – 683

Publikácie v zbor. z konferencií – 1144

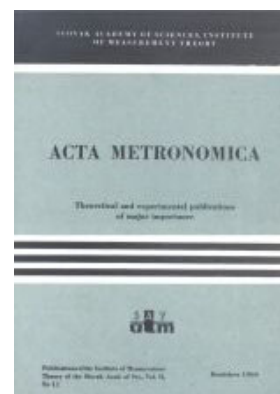
Prednášky – 1248

Kandidátske dizertačné práce – 102

Doktorské dizertačné práce – 8



V rokoch 1965 – 1977 ústav vydával vlastný časopis **ACTA METRONOMICA**. Pracovníci ústavu spolu 12 rokov vydávali v tomto časopise svoje prvé oznámenia a výsledky svojej výskumnej činnosti. Zodpovedným redaktorom časopisu bol RNDr. Ing. J. Bolf, CSc.



Z podnetu konferencie MEASUREMENT 2001 Ústav merania SAV začal v roku 2001 vydávať medzinárodný vedecký časopis **MEASUREMENT SCIENCE REVIEW**, ISSN 1335-8871, formou on-line, dostupný na internetovej adrese <http://www.measurement.sk/>. Medzinárodná edičná rada pozostáva z odborníkov z mnohých štátov sveta. Zodpovedným redaktorom časopisu je prof. Ing. I. Frollo, DrSc., výkonným redaktorom RNDr. V. Witkovský, CSc.

Patentová aktivita

Experimentálna a realizačná činnosť ústavu s orientáciou na prax bola krytá bohatou patentovou činnosťou. Prístroje, metodické postupy a technológie sa stali predmetom patentov a autorských osvedčení. Celkovo bolo uznaných 125 autorských osvedčení a 40 patentov. Najaktívnejšími v tejto oblasti boli títo pracovníci (počet AO/patentov): Š. Jurík – 44, J. Hajda – 32, J. Bolf – 25, I. Frollo – 20, J. Bartl-17.

MEDZINÁRODNÁ SPOLUPRÁCA

Ústav merania SAV v priebehu 90-tych rokov aktívne spolupracoval so zahraničnými inštitúciami formou dohôd o spolupráci a zúčastňoval sa na medzinárodných výskumných projektoch.

- Ústav bol zapojený do riešenia úloh v rámci spolupráce na programe INTERKOZMOS „Kozmická biológia a medicína“, na projekte FOBOS – výskum jemnej a veľkoškálovej štruktúry slnečnej koróny (korónografy pre Astronomický ústav SAV)
- Institut d'Electronique Fundamentale, C.N.R.S Laboratoire en France, Unité de Recherche en Résonance Magnétique, Orsay (zobrazovanie na báze nukleárnej magnetickej rezonancie)
- Ústav lekársko-biologických problémov MZ ZSSR Moskva (INTERKOZMOS – Výskum vonkajšieho dýchania a výmeny plynov človeka v podmienkach kozmického letu)
- Institute for Problems of Information Transmission, RAS Moskva (neinvazívne meranie a informačná analýza biologických objektov)
- SÚJV Dubna: - Laboratórium vysokých energií (rozvoj urýchľovacieho komplexu NUKLOTRÓN – systém na meranie priestorových parametrov zväzku jadier, vyvedených z urýchľovača)
- Laboratórium neutrónovej fyziky (vysokoteplotná supravodivosť – meranie biomagnetických polí pomocou snímačov SQUID – vývoj hardware a software meracích systémov na báze DSP a CCD snímačov) - Laboratórium jadrových reakcií (systém na meranie prietokov plynu v iónovom zdroji)
- Magnetic Resonance Centre, Vrije Universiteit Brussel (vybrané metódy NMR tomografie)
- Institut für Informationsverarbeitung der ÖAW Viedeň, Projekt OWP-51, financovaný Ministerstvom pre vedu a výskum Rakúskej republiky (3d rekonštrukcia medicínskych obrazov)
- Fyzikálno-technický ústav nízkych teplôt B.I. Verkina UAV Charkov, Ukrajina (výskum dynamických fluktuálnych charakteristík vysokoteplotných Josephsonových štruktúr a ich použitie v meracej technike)
- Ústav kybernetiky akad. Gluškova UAV Kyjev, Ukrajina (výskum planárnych a objemových vysokoteplotných transformátorov magnetického toku a systémov na meranie magnetických polí s využitím snímačov SQUID)
- Univerzita Veszprém, Maďarsko (výskum v oblasti biomedicínskeho inžinierstva)
- CRIP Research Institute for Material Science Hungarian Academy of Sciences (KFKI) Budapešť, Maďarsko (výskum elektrického poľa srdca)

- Ludwig-Boltzmann-Institut, Viedeň, Rakúsko (povrchové mapovanie EKG v klinickej elektrofyziológii srdca)
- Institut für Medizinische Physik der Universität Wien, Rakúsko (generovanie rýchlych a stabilných magnetických gradientov pre NMR zobrazovanie)
- Department of Inorganic and Physical Chemistry, University of Ghent, Belgicko (vývoj technológie a výskumu fyzikálnych vlastností VT supravodivých materiálov pre technické aplikácie)
- Institute of Theoretical and Experimental Biophysics, RAS Puščino, Rusko (simulácia elektrického poľa srdca a metódy mnohozvodového spracovania a diagnostického vyhodnotenia EKG)
- Technological Design Institute of Scientific Instrument Engineering, Siberian Branch of the RAS Novosibirsk, Rusko (optické metódy merania parametrov 3D geometrických objektov, tomografické metódy kontroly, rozvoj a výroba tomografických systémov)
- POLY-bios Research Centre, Area Science Park, Terst, Taliansko (mikrozobrazovanie na báze NMR)
- University of Trieste, Taliansko (mikrozobrazovanie trabekulárnej kosti)
- Universität Würzburg, Nemecko (vývoj robustných metód na meranie difúzie v ľudskom mozgu, metódy pre semiautomatické vyhodnocovanie perfúzie v ľudskom srdci a pľúcach a vývoj metód pre vyhodnocovanie ventilácie pľúc.

ÚČASŤ V MULTILATERÁLNYCH MEDZINÁRODNÝCH PROGRAMOCH

- PECO CIPD-CT94-0011 (nelineárna dynamika)
- TEMPUS (aplikovaná informatika v biomedicíne a lekárskom inžinierstve)
- EUREKA: E! 2012 LOW FIELD NMR (zobrazovanie na báze nukleárnej magnetickej rezonancie pri nízkom magnetickom poli pre aplikácie v medicíne)
- COST G8 (nedeštruktívna analýza a testovanie muzeálnych objektov)
- spoluúčasť v rámci spolupráce KACH Prírodovedeckej fakulty UK na DAAD Project Based Personal Exchange Programme with Slovak Republic (magnetometrické systémy pre slabé magnetické polia)

ODDELENIE OPTOELEKTRONICKÝCH MERACÍCH METÓD

Vedúci: RNDr. Miroslav HAIN
E-mail: Miroslav.Hain@savba.sk



Akademické vzdelanie:
RNDr., MFF UK 1984

Zastávané funkcie:
1995 - 2001 vedúci Laboratória snímačov
2002 - vedúci Oddelenia optoelektronických
meracích metód

Orientácia vedeckého výskumu:

Infračervená rádiometria a termometria, optické metódy merania, nedeštruktívne testovacie metódy, snímače neelektrických veličín, zber a spracovanie dát z meraní, automatizácia merania.

Ocenenia:

Cena Slovenského literárneho fondu za najlepšiu prácu v súťaži mladých vedeckých pracovníkov (1986)
Prvé miesto v súťaži mladých vedeckých pracovníkov ÚM SAV (1986,1987)
Prvé miesto na medzinárodnej výstave Interstone '99 za podiel na riešení projektu LithoJet, člen kolektívu (1999)
Člen riadiaceho výboru COST G8 „Nedeštruktívne metódy testovania a analýzy muzeálnych objektov“ (2002)

Zoznam pracovníkov oddelenia:

Vedeckí a vedecko-technickí pracovníci:

Bartl Ján, RNDr. Ing. CSc. (vedúci laboratória a projektu)
Karovič Karol, RNDr. DrSc. (podpredseda SAV, úväzok na ÚM SAV 5%)
Keppert Miroslav, RNDr. (vedúci laboratória a projektu)
Ondriš Ľubomír, Ing. CSc. (vedúci laboratória a projektu)

Inžinierski pracovníci:

Burdík Karel, RNDr.
Buzási Ján, Ing.

Jacko Vlado, Ing.
Krušínský Dušan, Ing.
Rusina Viktor, Ing.

Doktorandi:

Baránek Martin, Ing.

Technici:

Hrabina Ľubomír
Jánošíková Margita
Nagyová Eva
Ondrejkovič Peter
Trutz Marian

Organizačná štruktúra oddelenia.

Súčasná štruktúra oddelenia Optoelektronických meracích metód vznikla 1.1.2002 v rámci celkovej zmeny organizačnej štruktúry ÚM SAV, ktorej cieľom bolo vytvorenie väčších organizačných celkov a pružnejšia koncentrácia riešiteľských kapacít na kľúčové projekty riešené na pracovisku. Oddelenie má v súčasnosti celkovo 16 kmeňových pracovníkov, z toho 10 vysokoškolsky vzdelaných vedeckých a vedecko-technických pracovníkov, 5 stredoškolsky vzdelaných technikov a jedného pracovníka na doktorandskom štúdiu.

V rámci oddelenia existujú tri laboratória :

- Laboratórium optickej interferometrie (vedúci RNDr. M. Keppert)
- Laboratórium aplikovaných meraní (vedúci Ing. Ľ. Ondriš, CSc.)
- Laboratórium infračervenej rádiometrie a termometrie (vedúci RNDr. Ing. J. Bartl, CSc.)

Orientácia vedeckého výskumu v oddelení

Nosným zameraním oddelenia je rozvoj teórie, metód a aplikácií v oblasti merania fyzikálnych veličín, najmä v oblasti optoelektronických metód merania, merania geometrických veličín, infračervenej rádiometrie a termometrie a rozvoj nedeštruktívnych testovacích metód so zameraním na predmety kultúrneho dedičstva. Dôležitou súčasťou zamerania oddelenia je tiež návrh technických a programových prostriedkov pre automatizáciu zberu a spracovania meraných dát a realizácia unikátnych meracích systémov a zariadení pre vedecké experimenty a prax. V súčasnosti sú na oddelení riešené nasledovné projekty:

Vedecké projekty finančne podporované grantovou agentúrou VEGA

- VEGA 2/1133/21 „Rozvoj bezkontaktných optických metód merania polohy a geometrických funkčných parametrov 3D objektov“ (2001-2003, vedúci projektu RNDr. M. Keppert)
- VEGA 2/3180/23 „Infračervená termometria, termografia a reflektografia – rozvoj vybraných metód a prostriedkov“ (2003-2005, vedúci projektu RNDr. M. Hain)

Vedecko-technický projekt podporovaný Agentúrou pre podporu vedy a techniky

- APVT 51 - 012 102 „Výskum stabilizácie optických frekvencií diódových laserov“ (2003-2005, vedúci projektu RNDr. Ing. J. Bartl, CSc.)

Projekty medzinárodnej vedeckej spolupráce

- COST G8 „Nedeštruktívne metódy testovania a analýzy muzeálnych objektov“ (2002-2004, vedúci projektu RNDr. M. Hain)
- „Rozvoj komplexu spektrometrov IBR-2 a informačno-výpočtovej infraštruktúry" projekt 07-4-1012-96/2003“ so Spojeným ústavom jadrových výskumov, Dubna, Ruská federácia (2001-2003, vedúci projektu Ing. D. Krušínský)
- "Rozvoj a využitie urýchľovacieho komplexu synchrofázotrón-Nuklotrón", projekt č. 03-1-0979-96/2003 so Spojeným ústavom jadrových výskumov, Dubna, Ruská federácia (2001-2003, vedúci projektu Ing. Ľ. Ondriš, CSc., projekt je financovaný SÚJV Dubna)

Kontrakty pre Slovenské elektrárne a.s.

- Riešenie systémov na meranie náklonu objektov reaktorov jadrových elektrární v AE Jaslovské Bohunice a AE Mochovce (2002-2003, vedúci projektu Ing. Ľ. Ondriš, CSc.)

Orientácia vedeckého výskumu v jednotlivých laboratóriách oddelenia.

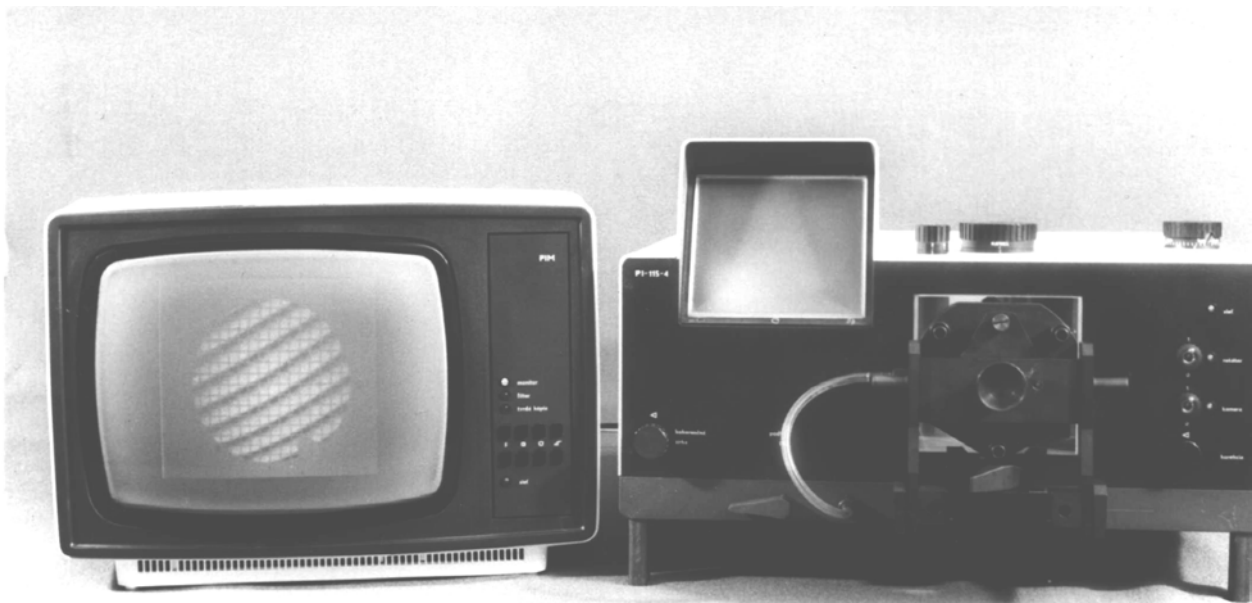
Laboratórium optickej interferometrie

Hlavným zameraním laboratória je výskum nových laser-interferometrických meracích metód a navrhovanie nových interferometrických systémov na meranie rovinnosti optických a technických plôch. Laboratórium sa popritom venuje digitálnemu spracovaniu obrazu, vývoju hardware a počítačového software.

Pracovníci laboratória navrhli zariadenie na meranie rovinnosti polovodičových substrátov a sklenených podložiek litografických masiek integrovaných obvodov. Išlo o interferometer PI 115-4 so šikmým zväzkom s plynulo meniteľným interferenčným krokom, ktorý bol opakovane vyrobený pre potreby nášho polovodičového priemyslu.



vedúci lab.
RNDr. M. Keppert



Planinterferometer na meranie rovinnosti polovodičových substrátov
a sklenených podložiek litografických masiek

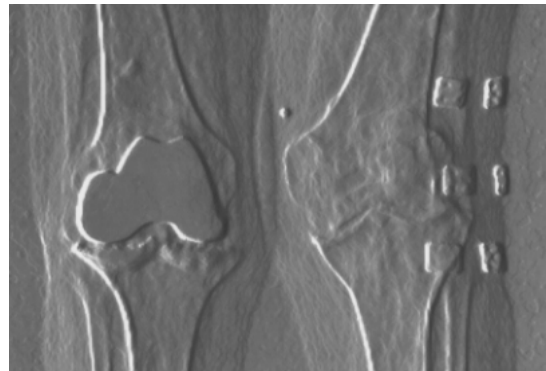
V laboratóriu sa tiež vyvinul hardware a software pre automatizáciu komerčného vizuálneho planinterferometra PI 160. Tím bolo umožnené meranie optických plôch s presnosťou $\lambda/20$. V súvislosti s tým sa riešila aj problematika automatického vyhodnotenia interferenčných obrazcov.

V ostatnom období laboratórium navrhlo a experimentálne overilo niektoré zostavy interferetrov so šikmým zväzkom s anamorfotickým hranolom.

Vyriešila a zrealizovala sa nová metóda fázového vzorkovania pre automatické vyhodnotenie speckle prúžkov.

Pre Slovenský metrologický ústav bola realizovaná rekonštrukcia vizuálneho interferenčného komparátora Zeiss INKO. Navrhnuté komponenty spolu s vyvinutým programovým vybavením viedli k minimalizácii vplyvu subjektívnych faktorov na presnosť merania. Boli využité aj výsledky získané pri riešení problematiky automatického vyhodnotenia interferenčných obrazcov.

V spolupráci s Laboratóriom aplikovaných meraní bola vyvinutá originálna optická metóda merania polohy hladiny kvapaliny pre hydrostatické snímače a optická metóda na určovanie polohy vlákna kyvadla v referenčnej rovine. Obe laboratória spoločne vypracovali originálny algoritmus merania výšky hladiny a stanovenie polohy vlákna z profilu stopy osvetlenia na CCD čipe. Na základe týchto originálnych riešení bolo možné zrealizovať multisenzorový systém s distribuovanou inteligenciou pre presné meranie vertikálnej polohy magnetov supravodivého urýchľovača Nuklotrón pre Laboratórium neutrónovej fyziky SÚJV Dubna v Ruskej federácii. Následne sa riešenie využilo v systémoch na meranie priestorovej stability veľkých objektov - blokov jadrových reaktorov. Boli nimi vybavené jadrové elektrárne v Jaslovských Bohuniciach a Mochovciach. V spolupráci s I. Ortopedickou klinikou LF UK v Bratislave bola zrealizovaná experimentálna zostava na digitalizáciu a spracovanie rádiogramov koronálnej roviny. Pracovníci vypracovali štúdiu možností uhlového a lineárneho merania kostí a bedrového kĺbu.



Spracovaný digitalizovaný rádiogram

Vybrané publikácie:

Karovič, K. - Keppert, M.: The laser two-spot edge indicators. In: IMEKO TC 8. 2nd Symposium. Theoretical and Practical Limits of Measurement Accuracy. Budapest, IMEKO Sekretariat, 1983, 120-129.

Karovič, K. - Keppert, M.: Digitale Auswertung Rechteckiger Messsignale. Messen, Steuern, Regeln, Band 29, 1986, 10, 455-457.

Keppert, M. – Buzási, J. - Sudek, J.: PI 115-4 interferometer for flatness measurements. Naučnaja Apparatura, Vol. 2, 1987, 3, 65-70.

Burdík, K.: Automatické vyhodnocování interferogramů interpolační metodou. *Jemná mechanika a optika*, Roč. 34, 1989, 11, 317-320.

Nyársik, Ľ. - Burdík, K. - Keppert, M. - Ertlová, J.: Computerized interference measurements. In: *FRINGE '89. Proceedings of the 1. International Workshop on Automatic Processing of Fringe Patterns*. Berlin, Akademie - Verlag Berlin, 1989, 128-132.

Nyársik, Ľ. - Burdík, K. - Keppert, M.: Cifrový interferometr dlja izmerenija ploskostnosti poluprovodnikovych šajb. In: *MICROELECTRONICS '90. 7. meždunarodnaja konferencija po mikroelektronike. Tom 1. Minsk, AN SSSR*, 1990, 195-198.

Kopáč, C. - Maresch, P. - Kokavec, M. - Keppert, M.: Možné komplikácie hemiartroplastiky kolena-HUPORAL. *Rheumatologia*, Vol. 7, 1993, 3, 177-187.

Tkáčik, J. - Makai, F. - Keppert, M. - Valko, B.: Výhody digitalizácie a analýzy röntgenogramov kostí mikropočítačom. *Acta Chirurgiae Orthopaedicae et Traumatologiae Czechosl.*, 1995, 61, 351-357.

Keppert, M. – Krušínský, D. – Ondriš, Ľ. – Rusina, V.: Calibration measurements of the CCD based hydrolevelling sensors. In: *MEASUREMENT '99. Proceedings. 2nd International Conference on Measurement*. Bratislava, Slovakia, Institute of Measurement Science SAS, 1999, 304-307.

Tkáčik, J. – Makai, F. – Maresch, P. – Keppert, M. – Valko, B.: Prednosti digitalizácie kostných štruktúr po implantáciách váhonosných kĺbov. In: *SKELET 2000. Medzinárodná konferencia. Abstrakta*. Praha, Univerzita Karlova v Praze, 2000, 58-59.

Abou-Zeid, A. – Bethge, H. – Bodermann, B. – Keppert, M.: Miniaturised diode laser refractometer useful for high precision interferometric length measurement. In: *1st euspen Topical Conference on Fabrication and Metrology in Nanotechnology. Proceedings. Volume 2*. Copenhagen, Denmark, Technical University of Denmark, 2000, 365-372.

Ondriš, Ľ. - Buzási, J. - Keppert, M. - Krušínský, D. - Rusina, V.: Dynamic properties measurement of the hydrolevelling system holmes. In: *Measurement 2001. 3rd International Conference on Measurement*. Bratislava, Institute of Measurement Science, SAS, 2001, 397-401.

Laboratórium aplikovaných meraní

Ťažiskom činnosti laboratória je výskum hydrostatických a pendametrických meracích metód na precízne meranie priestorovej polohy veľkých objektov v jadrovej energetike, stavebníctve a v strojárstve. Výskum týchto metód vyúsťuje do zdokonaľovania, vývoja a realizácie nadväzujúcich, spravidla unikátnych komerčne nedostupných meracích prostriedkov. Charakter týchto meraní si popri vysokej presnosti vyžaduje aj dlhodobú stabilitu parametrov meracieho systému a vytvorenie programových prostriedkov pre meranie a pre dlhodobú archiváciu výsledkov merania a ich prezentáciu.

Dlhoročná spolupráca so Stavebnou fakultou STU



Merací systém HOLMES
s 25 hydrostatickými snímačmi

elektronických metód a prostriedkov merania priestorových parametrov zväzkov jadrových častíc.

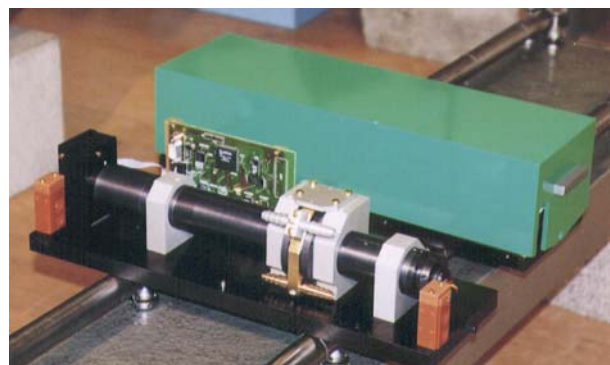
Nosným projektom laboratória v poslednom období bol integrovaný projekt vedy a techniky s názvom: Metódy a systémy na meranie priestorovej stability veľkých objektov, riešený v rokoch 1998 - 1999. Tomuto projektu predchádzali riešenia grantových projektov agentúry VEGA, v ktorých boli vyriešené niektoré fundamentálne otázky tejto problematiky. Realizácia riešenia sa uskutočnila na jednom z blokov jadrovej elektrárne Jaslovské Bohunice. Následne boli v rámci spolupráce s rezortom energetiky takýmito systémami vybavené i ďalšie



vedúci lab.
Ing. Ľ. Ondriš, CSc.

viedla k vytvoreniu spoločného vedecko-pedagogického laboratória v oblasti inžinierskej geodézie v roku 1994.

Významnou zložkou činnosti kolektívu je aj medzinárodná vedeckovýskumná spolupráca s Laboratóriom vysokých energií Spojeného ústavu jadrových výskumov v Dubne, orientovaná na výskum metódy a vytvorenie systému na meranie vertikálnej polohy magnetov supravodivého urýchľovača Nuklotrón a na výskum a vývoj



Hydrostatický snímač pre jadrovú elektráreň

bloky jadrových elektrární v Jaslovských Bohuniciach a Mochovciach, čo je vlastne úspešným uplatnením výsledkov výskumu v praxi.

V rámci medzinárodnej spolupráce s SÚJV Dubna ide o tieto spoločné projekty:

1. Vytvorenie systému merania vertikálnej polohy funkčných prvkov urýchľovača Nuklotrón, v rokoch 1995-1997. V Dubne bol realizovaný multisenzorový systém s distribuovanou inteligenciou na meranie vertikálnej polohy magnetov Nuklotrónu.
2. Aparatúra na meranie priestorových parametrov zväzkov jadier, vyvedených z urýchľovača Nuklotrón, pri nízkych úrovniach intenzity, so začiatkom riešenia v r. 2001. Spolupráca v tejto oblasti pokračuje podnes.



Elektronika a proporcionálna komora merača priestorových parametrov zväzkov jadrových častíc pre urýchľovač Nuklotrón

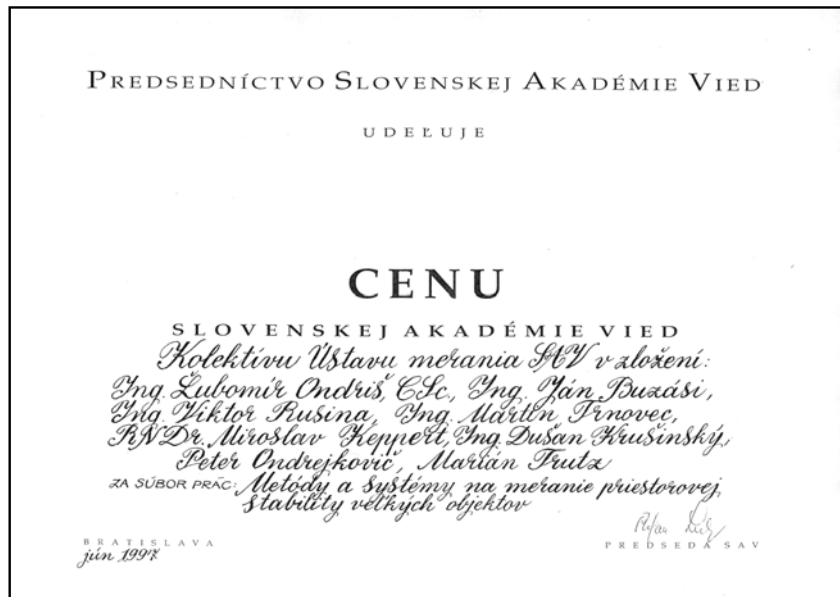
Najvýznamnejšie ocenenia.

Cena SAV za súbor prác: Metódy a systémy na meranie priestorovej stability veľkých objektov, r. 1997.

Ocenenie v celoštátnej súťaži o najlepší výsledok riešenia výskumu: Výrobok roka SR z riešenia výskumu, r. 1999 za Systém merania náklonu objektov jadrových elektrární.

Vedúci kolektívu Ing. Ľubomír Ondriš, PhD. bol za práce v daných oblastiach ocenený striebornou (1995) a zlatou (2000) plaketou Aurela Stodolu.





Vybrané publikácie:

Ondriš, Ľ.- Trnovec, M.- Keppert, M.- Rusina, V.- Buzási, J.: An optoelectronic hydrolevelling system. Measurement Science and Technology, Vol. 5, 1994, 1287-1293.

Ondriš, Ľ.- Rusina, V.: A new method for measurement of liquid dilatation parameters. Measurement Science and Technology, Vol. 8, 1997, 386-389.

Ondriš, Ľ.- Krušinský, D.- Rusina, V.- Buzási, J.- Trnovec, M.- Issinsky, I. B.: A hydrolevelling system with distributed intelligence for the Nuclotron accelerator. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, Vol. 411, 1998, 513-522.

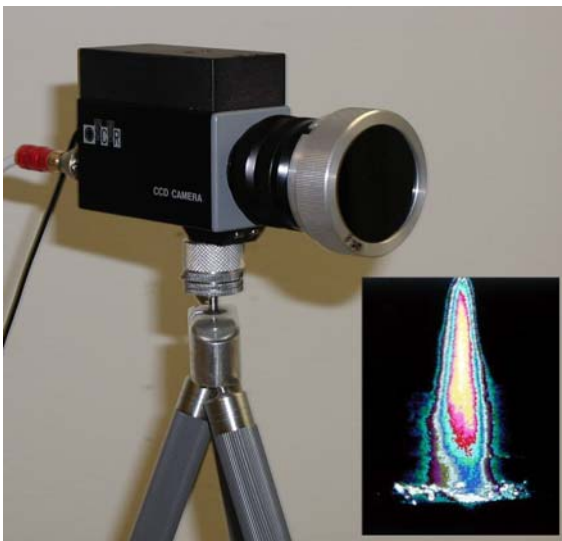
Ondriš, Ľ.- Buzási, J.- Keppert, M.- Krušinský, D.- Rusina, V.- Volkov, V.I.- Butenko, A.V.- Issinsky, I. B.- Matyushevsky, E.A. - Vasilishin, B.V.: The hydrolevelling system for the Dubna nuclotron accelerator. In: Proceedings of EPAC 2000. 7th European Accelerator Conference. Vienna, Epac, 2000, 2391-2393.

Ondriš, Ľ.- Krušinský, D.- Frolov, E.- Gorčenko, V.- Kiričenko, A.- Kovalenko, A. D.- Svešnikov, B.- Volkov, V.: Nuclotron extracted beams space parameters measuring system for low intensity levels. In: Proceedings of EPAC 2002. 8th European Particle Accelerator Conference. Paris, Epac, 2002, 957-1059.

Laboratórium infračervenej rádiometrie a termometrie

Nosným zameraním laboratória je problematika infračervenej rádiometrie a termometrie a problematika optoelektronických metód merania najmä geometrických veličín. Pracovníci laboratória sa zaoberajú riešením vybraných teoretických problémov infračervenej rádiometrie a termometrie:

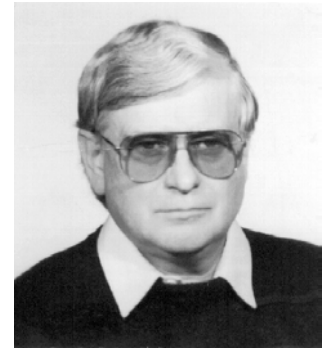
- emisivitou ako rozhodujúcim zdrojom neistoty rádiometrického merania teploty (teplotnou, spektrálnou, smerovou závislosťou)
- metódami stanovovania emisivity



Vysokoteplotný termografický systém na báze kremíkovej CCD kamery s ukázkou termogramu.

- analýzou zdrojov neistoty a stanovením úhrnnej neistoty termografických systémov
- teoretickou analýzou šumových vlastností a šumovo ekvivalentnej teplotnej diferencie (NETD) termografického systému
- analýzou dynamických vlastností a zobrazovacích chýb termografických systémov

Ďalším nosným programom laboratória je výskum v oblasti merania geometrických veličín s dôrazom na aplikáciu



vedúci lab. RNDr. Ing.
J. Bartl, CSc.

- štúdiom špecifických radiačných vlastností pevných látok, kvapalín a plynov
- štúdiom a rozpracovaním špecifickej problematiky stanovenia radiačných vlastností polopriepustných objektov, metódami merania teploty a emisivity s referenčnými zdrojmi žiarenia.
- problematikou merania a vizualizácie teplotných polí – termografiou
- špecifickými problémami vysoko-teplotnej termografie v blízkej infračervenej oblasti spektra
- rozpracovaním metodík kalibrácie termografického systému na meranie teplôt s vyhodnotením neistoty kalibrácie



Interferometer na meranie ložiskových guľičiek.

bezkontaktných optoelektronických metód merania:

- meranie rozmerov, tvaru, polohy 3D objektov
- meranie uhlu a náklonu a výskum v oblasti nedeštruktívneho testovania najmä umeleckých a historických predmetov optickými metódami:
- nedeštruktívne testovanie metódou infračervenej reflektografie
- nedeštruktívne testovanie metódou ultrafialovej fluorescencie.



Ukážka infračervenej reflektografie na oltárnej maľbe na dreve. Obrázok vľavo je vo viditeľnom svetle. Obrázok vpravo – IČ reflektogram s viditeľnou podkresbou uhl'om. (Spolupráca s Vysokou školou výtvarných umení.)

Najvýznamnejšie výsledky:

- Bol navrhnutý a realizovaný digitálny zobrazovací systém na báze kremíkovej CCD kamery citlivý v blízkej infračervenej oblasti spektra (0,8 - 1,1) μm , pozostávajúci zo CCD kamery, vyvinutého elektronického mikropočítačového modulu na ovládanie videozosilnenia a integračnej doby CCD kamery, sady filtrov, digitizéra obrazu, počítača a programového vybavenia (assembler 51, VB 6, DLL). V závislosti na spracovaní a vyhodnotení obrazovej informácie je systém použiteľný na účely vysokoteplotnej termografie (meranie a vizualizácia teplotných polí) alebo na infračervenú reflektografiu – nedeštruktívnu analýzu umeleckých diel (vizualizácia podkresieb a skrytých premaľovaných signatúr na obrazoch).
- Bola podrobne analyzovaná emisivita povrchu meraného objektu ako jeden z kľúčových zdrojov prispievajúcich do úhrnnej neistoty rádiometrického merania teploty. Bola teoreticky analyzovaná závislosť emisivity na teplote objektu, vlnovej dĺžke detekovaného IČ žiarenia, sklone povrchu. Boli tiež analyzované špecifické problémy pri meraní teploty pyrometriou úhrnného žiarenia, monochromatickou pyrometriou, pásmovou a farebnou pyrometriou.

- Bol navrhnutý a realizovaný infračervený pyrometer pre potreby materiálového výskumu (meranie teploty odliatok) s meracím rozsahom 700 – 1100 °C s chladiacim štítom na meranie vysokých teplôt s programovou linearizáciou charakteristiky a s nastaviteľnou emisivitou povrchu meraného objektu. Riešené v rámci spolupráce s ÚMMS SAV.
- Bola navrhnutá a softwarovo implementovaná metóda vyhodnotenia stredu stopy laserového lúča na meranom povrchu v optickom profilometri založenom na princípe svetelného rezu. Metóda spočíva v aproximácii intenzitného profilu laserovej stopy nad zvolenou prahovou úrovňou polynómom druhého rádu a nájdením jeho lokálneho maxima. Navrhnutá metóda umožňuje niekoľkonásobné zlepšenie neistoty merania optickým profilometrom oproti jednoduchým prahovacím metódam, čo bolo experimentálne potvrdené meraniami na rovinnom povrchu.
- Pre projekt *Termického hĺbenia štíhlych vertikálnych diel Litho-Jet* bol navrhnutý a zrealizovaný merací komplex na automatizované meranie vybraných fyzikálnych veličín (teploty, tlaku, infračerveného žiarenia), ich numerickú a grafickú prezentáciu v reálnom čase a archiváciu na magnetických médiách počítača. Systém tvorí meracia ústredňa so snímačmi, ktorá je spojená s personálnym počítačom cez rozhranie RS 485 a programové vybavenie, ktoré umožňuje automatizovaný zber dát zo snímačov v reálnom čase, korekcie systematických chýb snímačov, detekciu chýb prenosu dát, vizualizáciu a archiváciu nameraných dát.
- V rámci spolupráce s Technickou univerzitou v Košiciach, fakultou BERG bol navrhnutý a realizovaný 20-kanálový merací systém na automatizované meranie 3-D teplotných polí v geotermálnych experimentoch. Merací systém umožňuje s rozlíšením 0.01 °C a štandardnou kombinovanou neistotou 0.03 °C (mesiac po kalibrácii) monitorovanie teploty v meracom rozsahu 0-100 °C. Pozostáva zo snímačov teploty, meracej ústredne a personálneho počítača s programovým vybavením, umožňujúcim zber dát v reálnom čase, ich vizualizáciu a archiváciu. Merací systém sa

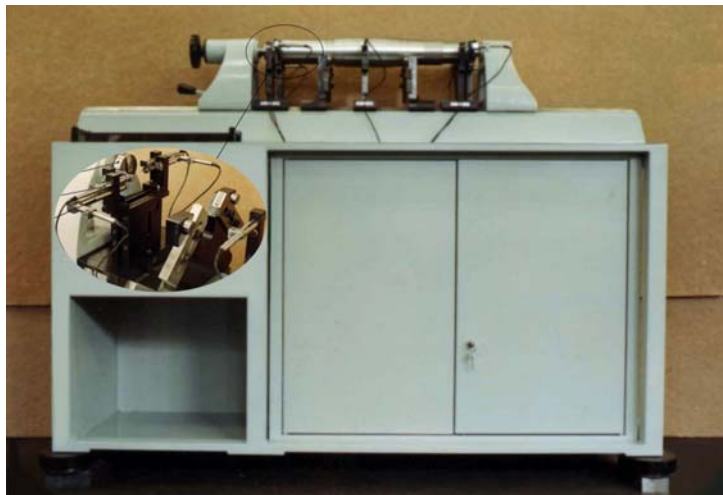


Elektronický atmosférický tlakomer
s mikropočítačom.

úspešne používa na katedre dobývania fakulty BERG TU v Košiciach pri monitorovaní geotermálnych experimentov v laboratórnych podmienkach.

Pre potreby iných oblastí výskumu a pre prax boli vyvinuté a realizované nasledovné meracie systémy a zariadenia:

- Bezkontaktný teplomer pôdy s termočlánkovým detektorom. SHMÚ Bratislava.
- Bezkontaktný teplomer pôdy s pyroelektrickým detektorom. SHMÚ Bratislava.
- Zariadenie na automatizované meranie atmosférického tlaku. SHMÚ Bratislava.
- Zariadenie na meranie teploty substrátov v iónovom implantátore SCANIBAL Balzers. Tesla Rožnov.
- Meracia stanica pre hriadele. TOS Trenčín.
- Zariadenie na meranie tvaru turbínových lopatiek leteckého motora DV 2. Považské strojárne, Považská Bystrica.
- Automatizované meranie vybraných fyzikálnych veličín pre projekt LITHOJET. Štátna objednávka.
- Meranie vybraných geometrických parametrov komutátorov pre elektromotory. Mesing Brno.



Meracia stanica na meranie hriadeľov.

Vybrané publikácie

Hain, M. - Bartl, J.: Increasing of accuracy by spherical stylus measurement. In: MECHATRONIKA 94. II. Krajova Konferencja Naukowo - Techniczna. Warszawa, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 1994, 351-354.

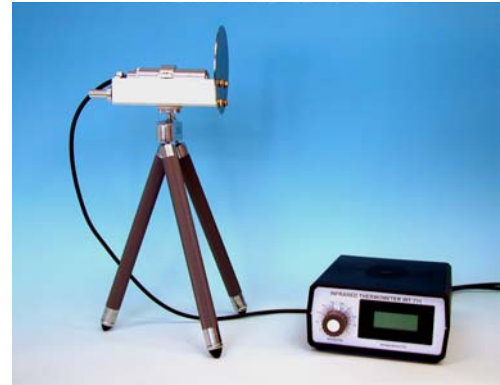
Bartl, J. - Hain, M.: Contactless methods for the measurement of geometrical quantities. In: International Symposium on Dimensional Metrology. Zargoza, IMEKO, 1995, 361-367.

Bartl, J.: Interferometer for the measurement of defects on ball bearings. Review of Scientific Instruments, Vol. 67, 1996, 2, 558-563.

Hain, M. - Bartl, J.: Computer methods of profile evaluation in the light-cut profile meter. In: MEASUREMENT '97. Bratislava, Institute of Measurement Science SAS, 1997, 140-143.

Bartl, J.- Hain, M.: Radiation temperature measurement of semi-transparent objects. In: 14th Imeko World Congress. Vol.VI. Tampere, SAS – IMEKO, 1997, 155-160.

Hain, M. - Bartl, J.- Keppert, M.: Mathematical methods of measurement evaluation in the light-cut profile meter. In: Wave and Quantum Aspects of Contemporary Optics. 11th Slovak- Czech-Polish Optical Conference. Vol.3820. Bratislava, Institute of Measurement Science SAS, 1998, 304-309.



Infračervený teplomer pre potreby materiálového výskumu.

Bartl, J.- Hain, M.: Infrared investigation of works of art. In: Wave and Quantum Aspects of Contemporary Optics. 11th Czech-Slovak-Polish Optical Conference. Bellingham, Washington, SPIE-The International Society for Optical Engineering, 1999, 451- 455.

Mokroš, J. – Hain, M.: Metrological device for the square standards calibration. In: IMEKO 2000. Int. Measurement Confederation. XVI. IMEKO World Congress. Vienna, Abteilung Austauschbau und Messtechnik (AuM), 2000. CD-ROM.

Bartl, J.- Fíra, R.- Jacko, V.: Thermoelectric tuning of the laser diode radiation frequency. In: Wave and Quantum Aspects of Contemporary Optics. 12th Czech-Slovak-Polish Optical Conference. Proceedings of SPIE. Bellingham, Washington, SPIE-The International Society for Optical Engineering, 2001, 270-276.

Bartl, J.: Surface roughness calibration specimens of type A. Jemná mechanika a optika, Roč. 47, 2002, 8, 231-233.

ODDELENIE MAGNETOMETRIE

Vedúci: RNDr. Alexander Cigáň, CSc.

E-mail: alexander.cigan@savba.sk

Akademické vzdelanie:

PF UK Bratislava 1968

CSc. ÚM SAV 1979

Zastávané funkcie:

od 1993 - vedúci oddelenia magnetometrie

od 1993 - člen VR ÚM SAV

1995-1998 vedecký sekretár I. oddelenia vied

1996-2001 člen Komisie SAV pre drahú prístrojovú techniku

1998-2001 člen Bytovej komisie SAV

1999-2001 člen odbornej komisie pre technické vedy Akreditačnej komisie SAV

1998-2002 zástupca riaditeľa ústavu

od 1997 člen Spoločnej odbornej komisie vo vednom odbore doktorandského štúdia 39-71-9 meracia technika

od 2001 -zástupca ústavu v Sneme SAV



Orientácia vedeckého výskumu:

Elektrické fluktuácie, slabá supravodivosť- Josephsonove javy, makroskopická kvantová interferencia, Josephsonové spoje, SQUIDy, vysokoteplotná supravodivosť, meranie slabých magnetických polí a magnetických charakteristík vysokoteplotných supravodičov.

Ocenenia:

Člen kolektívu, ktorému bola v roku 1974 udelená odmena Vedeckého kolégia technickej kybernetiky elektrotechniky SAV.

Člen kolektívu, ktorému bola v roku 1979 udelená odmena SAV.

Člen kolektívu, ktorému bolo v roku 1976 udelené Čestné uznanie Vlády ČSSR a ÚRO v súťaži za vysokú efektívnosť a kvalitu každodennej práce.

Člen kolektívu, ktorému bola roku 1982 udelená cena 1.stupňa v piatom ročníku súťaže o ocenenie prístrojov vysokej technickej úrovne, ktoré boli vyvinuté na pracoviskách ČSAV a SAV.

Člen kolektívu, ktorý vyvinul SQUID magnetometrický systém na meranie magnetických vlastností vysokoteplotných supravodivých materiálov, ktorý získal na medzinárodnej výstave vynálezov v Budapešti cenu GENIUS '96.

Zoznam pracovníkov oddelenia:

Vedeckí pracovníci:

Ing. Jozef Bartkovjak, CSc.

Doc. Dr. Ing. František Hanic, DrSc. - vedúci vedecký pracovník

RNDr. Anton Koňakovský, CSc.

Ing. Ján Maňka, CSc. - zástupca vedúceho laboratória

Ing. Ivan Šimáček, CSc.

Ing. Vladimír Zrubec, DrSc. - vedúci vedecký pracovník

Inžinierski pracovníci:

Ing. Petra Bodorová

Mgr. Štefan Buchta

Mgr. Michal Kopčok

Doktorandi:

Mgr. Fatima Martinická

Technici:

Karol Jurča - technik-špecialista

Špeciálne laboratóriá:

Detašované laboratórium na meranie extrémne slabých magnetických polí

Laboratórium syntézy vysokoteplotných supravodičov (VTS)

Laboratórium termometrie a susceptometrie VTS

Laboratórium polarizačnej mikroskopie

Elektro-mechanická montážna dielňa

Vedecká orientácia a projekty:

Výskum oddelenia magnetometrie je orientovaný na nasledovné oblasti:

- Syntézu VTS s vysokými hodnotami kritických parametrov, T_c (90 K - 135 K), J_c ($\geq 10^6$ A cm⁻², 77 K), H_{c1} ($\geq 8\,000$ A m⁻¹, 77 K) a texturáciou.

- Výskum mikroštruktúry, magnetických, transportných a prechodových vlastností VTS.
- Využitie makroskopických kvantových javov, najmä makroskopickej kvantovej interferencie (MKI) v nízokoteplotných supravodičoch (NTS) a VTS v oblasti merania extrémne slabých magnetických polí (SMP) alebo fyzikálnych veličín, ktorých zmeny môžu byť transformované na zmeny magnetického indukčného toku.
- Osobitná pozornosť je zameraná na:
 - Josephsonove spoje (JS)
 - RF a DC SQUIDy
 - supravodivé kvantové magnetometre (SKM)
 - supravodivé gradiometrické anténne systémy
 - meranie biomagnetických a geomagnetických polí
 - meranie veľmi nízkych koncentrácií feromagnetických a ferimagnetických látok - aj v živých organizmoch.

V súčasnosti oddelenie pracuje, resp. spolupracuje na nasledovných projektoch:

1. „Vysokoteplotné supravodivé kompozity a bezkontaktné meracie metódy a systémy využívajúce snímače SQUID”
Grant VEGA 2/1134/21.
2. „Nové metódy a prístroje na pulmonálnu, hepatálnu a gastro-intestinálnu neinvazívnu diagnostiku“
Projekt APVT-51-017802.
3. “Výskum supravodivých kvantových interferenčných detektorov (SQUID) na báze tenkých vrstiev vysokoteplotných supravodičov”
Projekt APVT-20-022702.

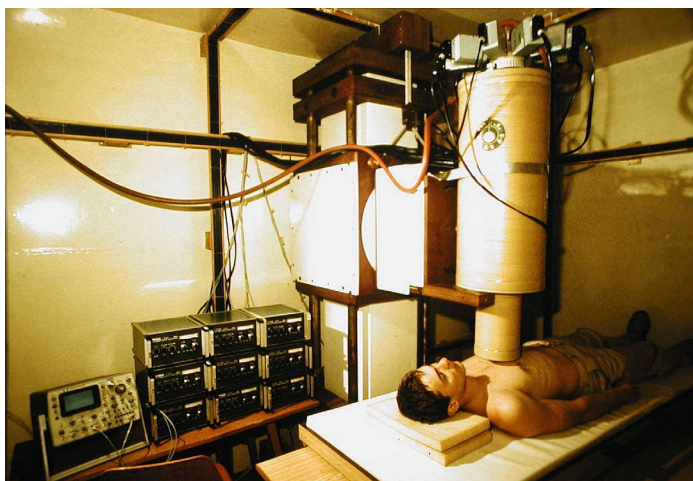
Najvýznamnejšie výsledky:

Výskum slabej supravodivosti na ústave začal na podnet Ing. K. Viktorína v roku 1970. V roku 1972 sa uskutočnili prvé experimenty s JS typu - Clarkové perličky. V roku 1974 oddelenie zvládlo technológiu hrotových dvojdiarových snímačov SQUID a vyvinutý bol prvý vlastný model SKM. Od tohto obdobia sa datujú prvé experimentálne merania SMP a začiatok intenzívneho výskumu SKM a gradiometrických meracích systémov založených na využití Josephsonovho javu (JE). V tom istom roku sa uskutočnili aj prvé kontinuálne merania



Supravodivý kvantový magnetometer vyrobený na ÚM SAV (v spolupráci s bývalým š.p. TESLA).

CSc. boli ocenení v roku 1977 Cenou SAV za výsledky vo výskume Josephsonových javov. V roku 1981 bol vyvinutý supravodivý kvantový magnetometer SKM-2 novej koncepcie. S jeho použitím sa v roku 1983 uskutočnilo úspešné meranie magnetického poľa ľudského mozgu (α - vlna). V



Pohľad na meranie magnetického poľa srdca päťkanálovým SQUID gradiometrickým systémom s citlivosťou $20 \text{ fT Hz}^{-1/2}$ v detašovanom lesnom laboratóriu.

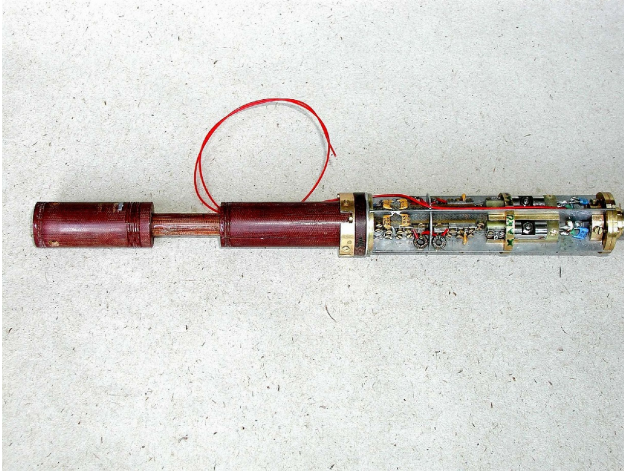
1990 zavŕšený 5 kanálovým meracím komplexom BM 89/2 so 4 kanálovou aktívnou kompenzáciou rušivých magnetických polí (využívajúcim 9 SKM).

V rokoch 1993-1997 boli skúmané možnosti využitia systémov SQUID v jadrovej fyzike. Bola vypracovaná teória SQUID magnetometrických systémov na meranie intenzity a radiálnej polohy zväzkov elektricky nabitých jadrových častíc v supravodivých urýchľovačoch. Boli stanovené teoretické hranice ich spektrálnych citlivosťí, dosahujúce pri polomeroch urýchľovača rádu 10^1 m hodnoty rádu 10^2

geomagnetických variácií s citlivosťou o mnoho rádov prevyšujúcou konvenčné prístroje. Dôležitým stimulačným medzníkom bolo úspešné meranie magnetického poľa srdca v roku 1975, ako jedno z prvých v krajinách RVHP. V rokoch 1979-1980 prebiehala výstavba špeciálneho detašovaného laboratória na meranie SMP v lokalite so zníženou úrovňou rušivých signálov. Členovia kolektívu pod vedením Ing. K. Viktorína,

spolupráci s ďalšími oddeleniami ústavu sa časť výskumu orientovala na oblasť magnetokardiografie. V roku 1986 sa Ing. P. Kneppo, DrSc. a pracovník oddelenia Ing. V. Zrubec, CSc., stali členmi štvorčlenného kolektívu odmeneného Štátnou cenou za príspevok k rozvoju vedeckého poznania v oblasti merania biomagnetických polí. Výskum v oblasti mnohokanálových systémov na meranie biomagnetických polí bol v roku

element. nábojov/(cykl. Hz^{1/2}), a rádu 10^{-1} mm/Hz^{1/2} (pri $N = 10^5$ elem. náb./cykl.).



Detail supravodivého gradiometra 2. rádu.

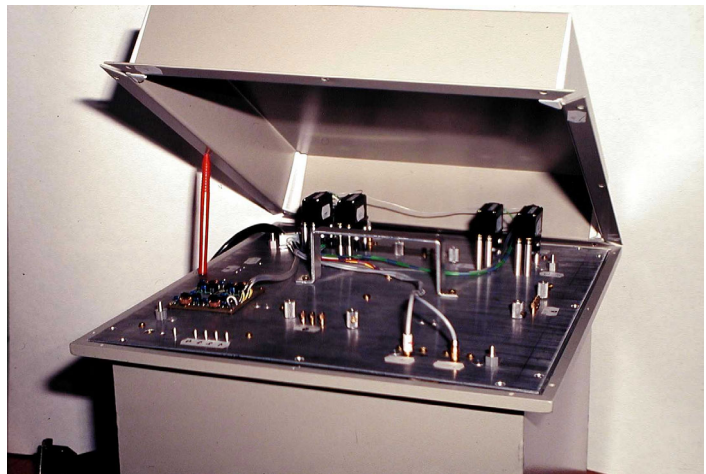
Výsledky boli využité pri riešení projektu medzinárodnej vedeckotechnickej spolupráce s LVE SÚJV Dubna. Bol navrhnutý a v laboratórnych podmienkach overený 5-kanálový merací systém s toroidnou snímacou anténou na meranie intenzity el. nabitých častíc v supravodivých urýchľovačoch. V rušivom magnetickom poli $4,4 \cdot 10^{-6}$ T sa dosiahla ekvivalentná prahová hodnota merateľného signálu $6 \cdot 10^6$ elem. náb./cykl. (šírka prenosového pásma 0-10 Hz).

(šírka prenosového pásma 0-10 Hz).

V tejto súvislosti bol vyriešený 4-kanálový prenosný supravodivý kvantový RF SQUID-magnetometer so vstupnou spektrálnou energetickou citlivosťou $4 \cdot 10^{-28}$ J Hz⁻¹ vo frekvenčnom pásme 0 až 10^4 Hz.. Pri použití gradiometrických snímacích antén prvého a druhého rádu je dosiahnuteľná citlivosť rádu 10^{-13} T m⁻¹ Hz^{-1/2}, resp. 10^{-12} T m⁻² Hz^{-1/2}.



Pohľad na kryogénny modul zariadenia na meranie intenzity a polohy zväzkov nabitých častíc urýchľovaných v supravodivom urýchľovači NUKLOTRÓN (spolupráca so SÚJV Dubna).

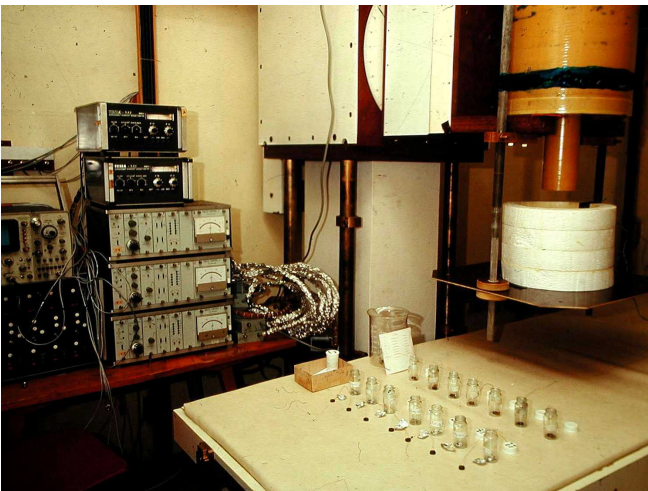


Riadiaca jednotka tohoto zariadenia - obsahuje modifikované supravodivé kvantové magnetometre.

Výskum vysokoteplotnej supravodivosti na ústave začal A. Cigáň na podnet J. Prokeša v roku 1987. Už v máji 1987 sme experimentálne potvrdili existenciu vlastných JS v polykryštalickom materiáli YBCO a pozorovali MKI pri 77 K v

YBCO RF SQUIDE s dvojdierovou topológiou bez tienenia. YBCO materiál bol pripravený na ÚACH SAV.

V rámci výskumu VTS bola v roku 1994 navrhnutá nová kompenzačná meracia metóda a zrealizovaný merací komplex na báze nízkoteplotného supravodivého kvantového gradiometra 2. rádu na meranie magnetizačných charakteristík maloobjemových vzoriek VTS pri teplote 77 K v magnetických poliach rádu 10^{-1} - 10^5 A/m, s citlivosťou umožňujúcou merať magnetický moment $\geq 1 \cdot 10^{-7}$ A m². V roku 1997 boli stanovené teoretické hranice jej citlivosti a zdokonalený merací systém. Spektrálna citlivosť sa zlepšila až na $\sim 6 \cdot 10^{-9}$ A m² Hz^{-1/2}.



Meranie magnetizačných charakteristík vysokoteplotných supravodičov vlastnou kompenzačnou metódou.



Meranie magnetizačných charakteristík vysokoteplotných supravodičov - riadiaca a vyhodnocovacia časť aparatury. (V. Zrubec a J. Maňka)

väzbu na osem najbližších susedných iónov.

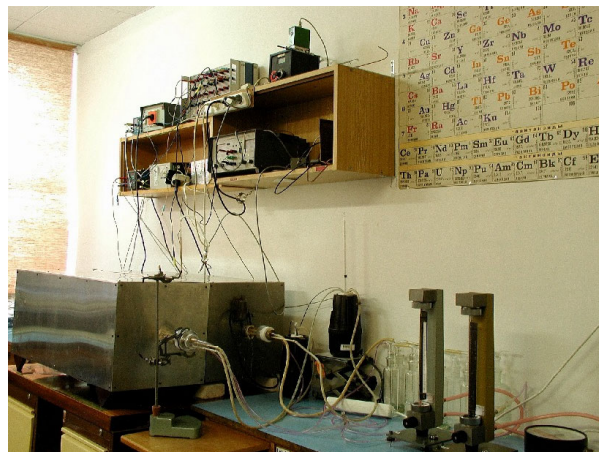
V posledných rokoch najvýznamnejšie výsledky výskumu VTS boli získané štúdiom YBCO a Tl- a Hg-supravodičov a viedli najmä k optimalizácii zloženia a technologických parametrov ich syntézy. Pre VTS Tl- a Hg-1223 dopované olovom a stronciom bola nájdená optimálna nominálna hodnota $x = 0.6$ (0.9) at % tália (ortuti) s ohľadom na supravodivé vlastnosti. Žihanie v kyslíku zlepšilo T_c pre obsahy tália väčšie alebo rovné optimálnej hodnote. Získali sa nové poznatky v oblasti vyšetovania vplyvu heterovaleťnej substitúcie R^{3+} iónami ($R^{3+} = La^{3+}, Sm^{3+}, Pr^{3+}, Dy^{3+}$ a Y^{3+}) do Ca^{2+} separačných vrstiev vysokoteplotných supravodičov na báze (Tl, Pb)-1223. Zvyšovanie koncentrácie R^{3+} iónov viedlo k narastaniu (Tl,Pb)-1212 fázy. Pre nižšie substitučné hladiny R^{3+} iónov bolo pozorované zlepšenie medzizrnových väzieb a počiatocnej úrovne penetrácie magnetického poľa. Bolo nájdená korelácia poklesu magnetizácie zrn so zvyšovaním rozdielu polomeru iónov Ca^{2+} a R^{3+} uvažujúc ich

Ukázali sme, že prekursor Y₂Cu₂O₅ a BaCuO₂ môžu byť efektívne použité na syntézu vysokoteplotných supravodivých Y-123 vzoriek s vysokou texturáciou metódou natavenia práškov. Ich mriežkové parametre, hodnoty T_c, magnetické vlastnosti vrátane penetrácie magnetických polí sú porovnateľné s hodnotami vzoriek pripravených štandardnou metódou rýchleho chladenia a rastu textúry z taveniny. Vzorky pripravené obidvomi metódami boli charakterizované podobnými tieniacimi prúdovými dráhami a boli bez slabých spojov.

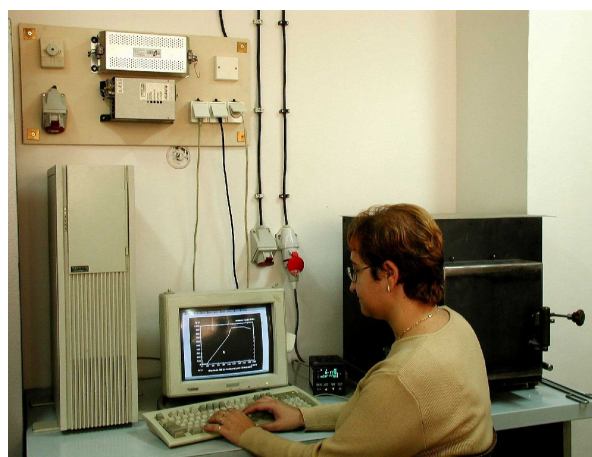
V súvislosti s cieľom vyvinúť cenovo efektívne flexibilné YBCO pásy s využitím magnetronovej depozície (MD) a orientovaných kovových substrátov boli študované vlastnosti YBCO systému dopovaného striebrom až do veľmi vysokých úrovni (0-80) hmot. % Ag. Výsledky potvrdzujú úlohu Ag ako syntetického tavidla a katalyzátora urýchľujúceho transport kyslíka a zároveň zvyšujúceho mechanické a termické vlastnosti YBCO/Ag systému. Tieto výsledky môžu byť využité pri príprave veľkorozmerových terčov pre priemyslovú výrobu supravodivých vodičov s využitím MD.

V posledných rokoch sme študovali rôzne fyzikálne a biologické faktory ovplyvňujúce magnetické správanie feromagnetických (FČ) resp. ferimagnetických častíc rozptýlených v biologických objektoch a úspešne sa overil princíp SQUID magnetometrického kvantitatívneho stanovovania FČ veľmi nízkych koncentrácií.

Bolo realizované SQUID magnetometrické zariadenia na neinvazívne meranie magnetickej kontaminácie vnútorných orgánov človeka a pokusných zvierat. Výsledky boli úspešne overené na súboroch pracovníkov rizikových povolání a pokusných zvieratách použitých v biomonitoringu životného prostredia. Systém umožňuje: 1. neinvazívne monitorovanie kontaminácie pľúc a dýchacích ciest FČ, ktoré sa v dôsledku dlhodobej expozície priemyslovými aerosólmi a prachom



Horizontálne pece na syntézu vysokoteplotných supravodičov.



Superkantolová pec na prípravu textúrovaných VTS vzoriek QMTG metódou.



Meranie kritickej teploty vysokoteplotných supravodičov transportnou metódou.
(M. Majerová)

na (polo)-automatizované riadenie meracieho procesu.

deponujú v týchto orgánoch, 2. nedeštruktívne merania nízkych koncentrácií (rádovo $\mu\text{g cm}^{-2}$) práškových feromagnetických látok rozptýlených v dia- alebo paramagnetickom prostredí.

V rokoch 1999-2001 bol zhotovený a zdokonalený experimentálny model meracieho systému na bezkontaktné meranie prechodových charakteristík VTS v teplotnom rozsahu 64 - 300 K založený na Meissnerovom efekte. Bolo vypracované programové vybavenie



Meranie prechodových charakteristík vysokoteplotných supravodičov indukčnou metódou. (A. Koňakovský)

Vybrané publikácie:

1. Zrubic, V. - Vrabček, P. - Tekel', P.: Optimization of the second order gradiometer baselength that has been designed for the measurement of weak inhomogeneous magnetic fields. Il Nuovo Cimento, Vol. 2D, 1983, 175-183.

2. Volčko, D.: Possible explanation of the anomalous ratio $2\Delta_{ab} / k_B T_c$ in the range of the BCS formalism. *Physica Status Solidi (b)*, Vol. 164, 1991, K41-K43.
3. Skákala, M. - Zrubec, V. - Maňka, J.: Active compensation for ambient magnetic noise in the unshielded environment. *Measurement Science and Technology*, Vol. 4, 1993, 468-472.
4. Zrubec, V. - Maňka, J. - Skákala, M.: Superconducting pick-up antenna with limited frequency bandwidth. *Cryogenics*, Vol. 33, 1993, 999-1004.
5. Šimáček, I. - Zrubec, V. - Skákala, M.: RF SQUID magnetometer with simplified circuitry. *Review of Scientific Instruments*, Vol. 64, 1993, 2401-2402.
6. Volčko, D.: A possible behaviour of weak links in granular superconductors. *Physica Status Solidi (b)*, Vol. 178, 1993, K31-K33.
7. Volčko, D.: A possible pairing mechanism in quasi-two-dimensional structures. *Physica Status Solidi (b)*, Vol. 175, 1993, K13-K15.
8. Zrubec, V. - Cigáň, A. - Maňka, J.: Simplified fast method for magnetic characteristics measurement of the HT_c superconducting materials, *Physica C*, Vol. 223, 1994, 90-94.
9. Šimáček, I. - Zrubec, V. - Maňka, J. - Urban, A.: Three channel magnetometer for measurement of weak magnetic fields. *Elektrotechnický časopis - Journal of Electrical Engineering*, Vol. 45, 1994, 88-90.
10. Zrubec, V.: Bioelectric signals in neuron structures and the Josephson effect. *Medical Hypotheses*, Vol. 43, 1994, 273-284.
11. Krutý, F. - Šimáček, I. - Maňka, J. - Vrabček, P.: Lung dust loads monitored by noninvasive magnetometric method. *Central European Journal of Occupational and Environmental Medicine*, Vol. 1, 1995, 5-12.
12. Volčko, D.: Energy of a Josephson Junction. *Physica Status Solidi (b)*, Vol. 188, 1995, K13.
13. Zrubec, V. - Maňka, J.: Optimization of noise parameters of SQUID magnetometers with external negative feedback. *Cryogenics*, Vol. 35, 1995, 451-454.
14. Zrubec, V.: Theoretical sensitivity limits of the SQUID system for measuring beam intensities of electrically charged particles in superconductive accelerators. *Cryogenics*, Vol. 36, 1996, 427-434.
15. Zrubec, V.: Theoretical sensitivity limits of the SQUID system for measuring the radial position of a beam of electrically charged particles in superconductive accelerators. *Cryogenics*, Vol. 37, 1997, 97-104.

16. Cigáň, A. - Maňka, J. - Buchta, Š.: Experimental Study of the Intergranular Weak Link Structures $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ with the Help of Magnetization Measurements. *Journal of Low Temp.Phys.*, Vol. 106, 1997, 447-452.
17. Zrubec, V. - Maňka, J.: Measurement of Beam Intensity of Electrically Charged Particles in Superconductive Accelerators using SQM. *Journal of Low Temp.Phys.*, Vol. 106, 1997, 539-544.
18. Zrubec, V. - Urban, A.: Superconductive quantum fluxmeter - superconductive quantum magnetometer with external feedback. *Cryogenics*, Vol. 37, 1997, 511-516.
19. Zrubec, V.: Theoretical sensitivity limits of the compensation method for magnetization characteristics measurement of HTc superconducting materials using LTc SQUID 2nd order gradiometer. *Cryogenics*, Vol. 39, 1999, 241-251.
20. Cigáň, A. - Maňka, J. - Mair, M. - Gritzner, G. - Plesch, G. - Zrubec, V.: Influence of the Tl- and Hg-content on magnetic and transport properties of the Pb, Sr-doped Tl-1223 and Hg-1223 superconductors. *Physica C*, Vol. 320, 1999, 267-276.
21. Chromík, Š. - Jergel, M. - Hanic, F. - Jimenez, S. - Jergel, M. - Štrbík, V. - Falcony, C. - Beňačka, Š. - Cheang-Wong, J.C. - Andrade, E.: Preparation and properties of precursors BA-Ca-Cu-(O,F) thin films deposited from fluorides for superconducting Tl- and Hg-based films. *Thin Solid Films*, Vol. 375, 2000, 129-133.
22. Hanic, F. - Cigáň, A. - Buchta, Š. - Maňka, J. - Volčko, D. - Zrubec, V.: Single Domain Textured $(\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta})_{1-x}(\text{Ag}_2\text{O})_x$ Samples. *Physica C*, Vol. 341-348, 2000, 575-576.
23. Baňacký, P. - Pelikán, P. - Valko, M. - Buchta, Š. - Hanic, F. - Cigáň, A.: Electron Paramagnetic Resonance of High-Tc Superconducting Composites $\text{YBa}_2\text{Cu}_{3-x}\text{Sc}_x\text{O}_{6+\delta}$. *J.Phys.Chem. B*, Vol. 105, 2001, 1943-1946.
24. Zrubec, V.: Improved system for measurement of the magnetization characteristics of high-temperature superconductors by the compensation method in weak magnetic fields. *Rev.Sci.Instrum.* Vol. 72, 2001, 2653-2660.
25. Hoste, S. - Van Driessche, I. - Bruneel, E. - Plesch, G. - Cigáň, A. - Maňka, J.: Influence of silver doping on the microstructure and magnetic properties of $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7/\text{Ag}$ composites. *Ceramics-Silikaty*, Vol. 45, 2001, 76-80.
26. Hoste, S. - Van Driessche, I. - Bruneel, E. - Plesch, G. - Cigáň, A. - Maňka, J. - Zrubec V.: Influence of high level Ag doping on the superconducting properties of $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7/\text{Ag}$ composites. *International Journal of Inorganic Materials*, Vol. 3, 2001, 453-459.

27. Hanic, F. - Cigáň, A. - Buchta, Š. - Maňka, J. - Koňakovský, A.: Substitution and doping of $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ by Ag^{n+} , Sr^{2+} , Sc^{3+} and related properties. *International Journal of Inorganic Materials*, Vol. 3, 2001, 551-557.
28. Plesch, G. - Hanic, F. - Cigáň, A. - Maňka, J. - Bučkuliaková, A. - Buchta, Š.: Microstructure and superconducting properties of melt textured Y-Ba-Cu-(Ag)-O composites with various Ag content. *International Journal of Inorganic Materials*, Vol. 3, 2001, 537-543.
29. Gritzner, G. - Eder, M. - Cigáň, A. - Maňka, J. - Plesch, G., Zrubec V.: The effect of rare earth oxide substitution on the magnetic properties of Tl-based superconductors. *Physica C*, Vol. 366, 2002, 169-175.
30. Chromík, Š. - De Barros, D. - Štrbík, V. - Odier, P. - Sin, A. - Hanic, F. - Kostič, I.: Hg-cuprate thin films prepared using Re and fluorides based precursor thin films. *Journal de Physique IV France*, Vol. 11, 2001, 175-179.
31. Boháková, F. - Šimáček, I. - Cigáň, A. - Maňka, J.: Determination of the content of ferromagnetic and diamagnetic solid fraction in suspension and solid mixtures by SQUID system. *Solid State Phenomena*, Vols. 90-91, 2003, 279-284.
32. Cigáň, A. - Maňka, J. - Buchta, Š. - Koňakovský, A. - Hanic, F. - Zrubec, V.: Substitution in $\text{Y}_{1-x}\text{Eu}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ and its influence on microstructure and magnetic properties. *Solid State Phenomena*, Vols. 90-91, 2003, 291-296.
33. F. Hanic, A. Cigáň, J. Briancin, I. Van Driessche, J. Maňka, Š. Buchta, E. Bruneel, V. Zrubec: Substitution of Ti^{4+} for Cu^{n+} in $\text{YBa}_2\text{Cu}_{3-x}\text{Ti}_x\text{O}_{7-\delta}$. *Solid State Phenomena*, Vols. 90-91, 2003, 297-302.
34. Plesch, G. - Cigáň, A. - Maňka, J. - Kliment, J. - Hanic, F. - Gritzner, G. - Zrubec, V. - Koňakovský, A.: Effect of low level La(III) doping on the superconducting bulk Tl-1223 system. *Solid State Phenomena*, Vols. 90-91, 2003, 401-404.
35. Hanic, F. - Hartmanová, M. - Kundráčik, F. - Lomonová, E. E.: Stabilization of high temperature forms of zirconia. *Solid State Phenomena*, Vols. 90-91, 2003, 303-308.

ODDELENIE TEORETICKÝCH METÓD

Vedúci: RNDr. Viktor Witkovský, CSc.

E-mail: witkovsky@savba.sk

Internet: www.um.sav.sk/dep_3

Akademické vzdelanie:

RNDr. Matematicko-fyzikálna fakulta Univerzity Komenského v Bratislave, 1981-1986.

CSc. Ústav merania SAV a Matematický ústav SAV v Bratislave, 1986-1993.

Zastávané funkcie:

1998-2003: vedúci Oddelenia teoretických metód a vedecký tajomník Ústavu merania SAV.

Orientácia vedeckého výskumu:

RNDr. Viktor Witkovský, CSc. sa venuje výskumu exaktných a aproximatívnych matematicko-štatistických metód pre malé rozsahy výberov. Sústreďuje sa na teoretické a výpočtové aspekty štatistického usudzovania (inferencie) o parametroch modelov s pevnými a náhodnými efektmi. Vedecké zameranie Dr. Witkovského spočíva predovšetkým v týchto oblastiach:

- Skúmanie odhadovacích a testovacích procedúr o parametroch prvého a druhého rádu v modeloch s variančnými a kovariančnými komponentami.
- Skúmanie odhadov parametrov kovariančnej matice v modeloch časových radov, so zreteľom na možné využitie v biomedicínskych aplikáciách a v ekonometrii.
- Výskum matematicko-štatistických modelov a metód určených pre oblasť merania a metrológie (medzilaboratórne porovnávanie, kalibrácia).

V súčasnosti je v centre záujmu Dr. Witkovského model jednoduchšej klasifikácie s tzv. heteroskedastickými chybami (s nerovnakými rozptylmi), ktorý má priame aplikácie pre medzilaboratórne porovnávacie štúdie, mnohonásobné klinické štúdie a pre štatistickú meta-analýzu.

Ocenenia:

Pozvanie na *European Young Statistician Meeting*, Palanga, Litva, 1993. Udelenie štipendia *Ruth Crawford Mitchell Scholarship* od Nationality Rooms and Intercultural Exchange, University of Pittsburgh, USA. Štipendium bolo udelené na jednosemestrálny štúdijný a výskumný pobyt na Department of Economics, University of Pittsburgh, 1997. *Pozvané prednášky* na zahraničných pracoviskách a vedeckých konferenciách (Česká republika 3x, Poľsko 2x, USA 1x).



Zoznam pracovníkov oddelenia:

Vedeckí pracovníci:

Ing. Igor Farkaš, Dr.

Mgr. Marian Grendár, PhD.

RNDr. Anna Krakovská, CSc. (zástupkyňa vedúceho oddelenia)

Ing. Mgr. Roman Rosipal, PhD.

doc. RNDr. František Rublík, CSc.

doc. RNDr. Júlia Volaufová, CSc.

RNDr. Viktor Witkovský, CSc. (vedúci oddelenia)

Inžinierski pracovníci:

Mgr. Klára Hornišová

Doktorandi:

Mgr. Alexander Savin

Mgr. Svorad Štolc

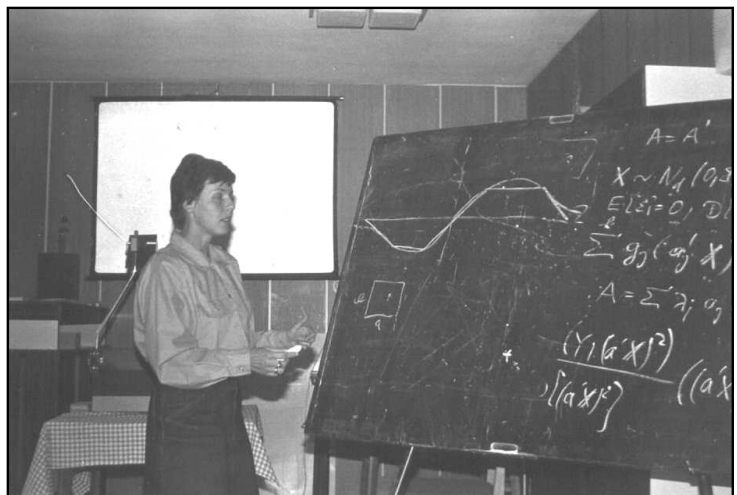
Mgr. Michal Teplan

Orientácia vedeckého výskumu v oddelení:

Vedecký výskum v oddelení teoretických metód je orientovaný na rozvoj teoretických metód, hlavne matematických a štatistických, zameraných na problémy merania a vyhodnocovanie nameraných údajov. Novú podobu získalo oddelenie v roku 2002 po reorganizácii štruktúry ústavu, keď sa do nového oddelenia spojilo *laboratórium teoretických metód* s *laboratóriom neurónových sietí*.

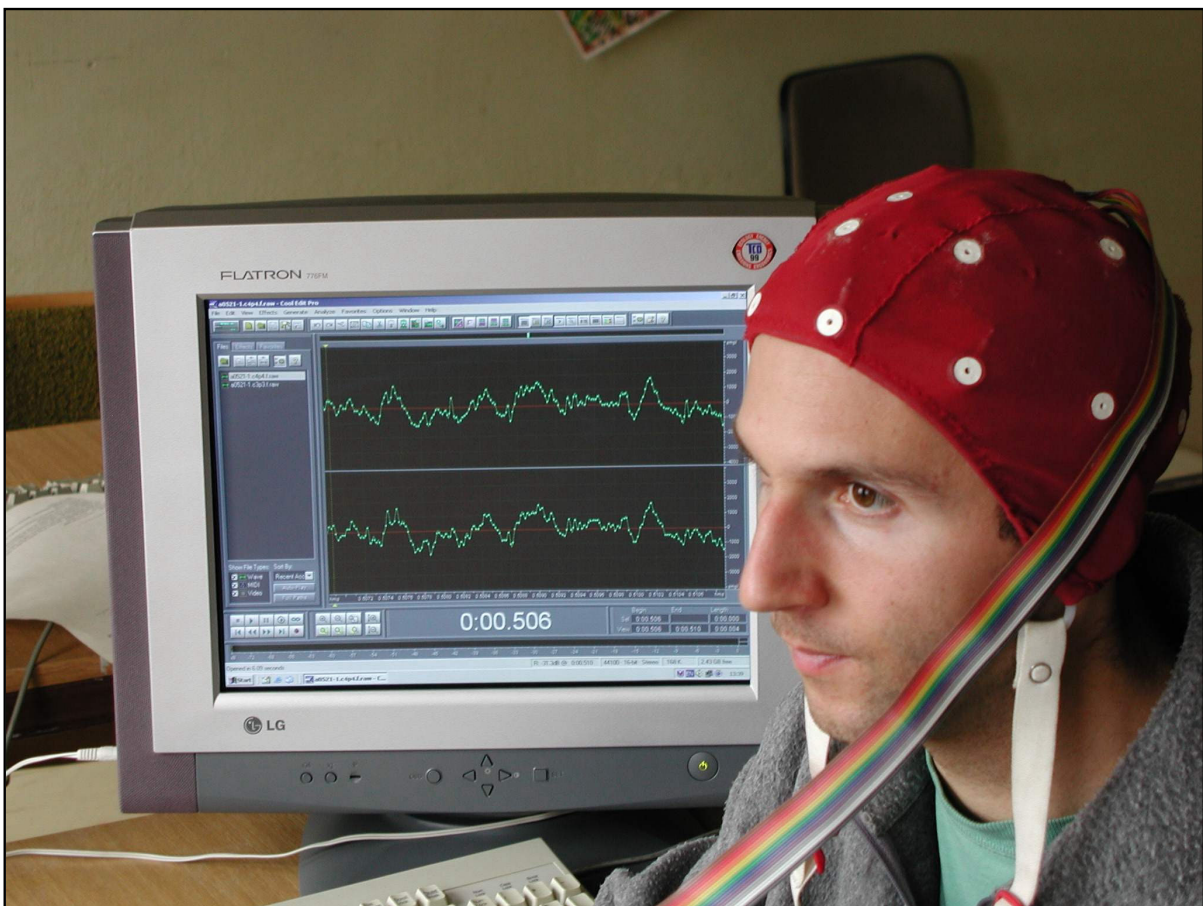
Základný a aplikovaný výskum oddelenia sa sústreďuje predovšetkým na tieto oblasti teórie pravdepodobnosti, matematickej štatistiky, umelých neurónových sietí a nelineárnej dynamiky:

- Základný výskum v oblasti teórie lineárnych a nelineárnych regresných modelov, predovšetkým modelov s variančnými a kovariančnými komponentmi. Výskum nových odhadovacích a testovacích procedúr o parametroch prvého a druhého rádu v týchto modeloch so zložitou



kovariančnou štruktúrou, vrátane výpočtových aspektov a vývoja algoritmov pre novonavrnuté metódy a procedúry.

- Základný výskum v oblasti optimality testovacích procedúr, neparametrických metód a testov dobrej zhody. Výskum pravdepodobnostného rozdelenia odhadov a testovacích štatistík pre malé rozsahy výberov ako aj pre veľké rozsahy výberov, teda z asymptotického pohľadu, s dôrazom na projekčné štatistiky, testy pomerom vierohodností a princíp maximálnej vierohodnosti.
- Základný a aplikovaný výskum odhadov a testovacích procedúr pre modely s nelineárnou štruktúrou kovariančnej matice s dôrazom na modely časových radov. Výskum modelov vhodných pre biomedicínske aplikácie, technické aplikácie, problémy merania a metrológiu.
- Výskum metódy maximálnej entropie (MaxEnt), jej pravdepodobnostné zdôvodnenie, štatistický kontext, obmedzenia a aplikovateľnosť.
- Výskum samoorganizujúcich sa neurónových sietí a ich aplikácia na predikciu časových radov, klasifikáciu signálov a modelovanie sémantickej mapy v mozgovej kôre.
- Výskum a analýza chaotických a iných nelineárných dynamických systémov, aplikácia na zložité prejavy reálnych biologických a ekonomických systémov s dôrazom na redukciu šumu, modelovanie a predikciu.



- Výskum a štúdium biotechnickej spätnej väzby na báze EEG signálu a vplyv audio-vizuálnej stimulácie na činnosť ľudského mozgu.

Projekty Vedeckej grantovej agentúry, riešené v období rokov 1990-2003:

- ŠTRUKTÚRA ŠTATISTICKÝCH MODELOV A TVORBA NELINEÁRNYCH ŠTATISTICKÝCH PROCEDÚR.
(VEGA 2/999366/92. Spoločný projekt MÚ SAV a ÚM SAV. Doba riešenia: 1991-1993 . Vedúci projektu: Prof. RNDr. Ing. Lubomír Kubáček, DrSc.)
- NEURÓNOVÉ SIETE A NELINEÁRNE DYNAMICKÉ SYSTÉMY.
(VEGA 2/999006/92. Doba riešenia: 1991-1993 . Vedúci projektu: Ing. Klaudius Viceník, CSc.)
- TVORBA NELINEÁRNYCH ODHADOVCÍCH A TESTOVACÍCH PROCEDÚR PARAMETROV ŠTATISTICKÝCH MODELOV.
(VEGA 2/226/94. Spoločný projekt MÚ SAV a ÚM SAV. Doba riešenia: 1994-1996 . Vedúci projektu: Prof. RNDr. Ing. Lubomír Kubáček, DrSc. A RNDr. Gejza Wimmer, CSc.)
- ROZVOJ POČÍTAČOVÝCH A MATEMATICKÝCH METÓD ZÍSKAVANIA, SPRACOVANIA A VIZUALIZÁCIE INFORMÁCIE Z BIOMEDIČÍNSKYCH MERANÍ.
(VEGA 95/5305/468. Doba riešenia: 1995-1998 . Vedúci projektu: RNDr. Ing. Ivan Bajla, CSc.)
- INVARIANTNÉ ROZPOZNÁVANIE SIGNÁLOV POMOCOU METÓD UMELÝCH NEURÓNOVÝCH SIETÍ.
(VEGA 2/2040/96. Doba riešenia: 1995-1997. Vedúci projektu: Mgr. Lucius Chudý, CSc.)
- VYUŽITIE ANALYTICKÝCH A NUMERICKÝCH METÓD NELINEÁRNEJ DYNAMIKY NA ŠTÚDIUM KOMPLEXNÝCH SYSTÉMOV.
(VEGA 2/2025/96. Doba riešenia: 1995-1997. Vedúci projektu: RNDr. Mária Markošová, CSc.)
- ŠTATISTICKÉ MODELY A METÓDY.
(VEGA 1/4196/97. Spoločný projekt MFF UK, MÚ SAV a ÚM SAV. Doba riešenia: 1997-1999 . Vedúci projektu: Prof. RNDr. Andrej Pázman, DrSc.)
- NOVÉ METÓDY NÁVRHU FLEXIBILNÝCH UMELÝCH NEURÓNOVÝCH SIETÍ A ICH VYUŽITIE PRI SPRACOVANÍ SIGNÁLOV .
(VEGA 2/5088/99. Doba riešenia: 1998-2000. Vedúci projektu: Mgr. Lucius Chudý, CSc.)
- ŠTATISTICKÉ MODELY A METÓDY II.
(VEGA 1/7295/20. Spoločný projekt MFF UK, MÚ SAV a ÚM SAV. Doba riešenia: 2000-2002 . Vedúci projektu: Prof. RNDr. Andrej Pázman, DrSc.)
- VYUŽITIE METÓD SAMOORGANIZUJÚCICH SA NEURÓNOVÝCH SIETÍ A NELINEÁRNEJ DYNAMIKY NA ANALÝZU SIGNÁLOV.

(VEGA 2/1136/21. Doba riešenia: 2001-2003. Vedúci projektu: Mgr. Lucius Chudý, CSc. a RNDr. Anna Krakovská, CSc.)

- NOVÉ NELINEÁRNE METÓDY MATEMATICKEJ ŠTATISTIKY.
(VEGA 1/0246/03. Spoločný projekt MFF UK, MÚ SAV a ÚM SAV. Doba riešenia: 2003-2005 . Vedúci projektu: Prof. RNDr. Andrej Pázman, DrSc.)

Okrem týchto projektov základného výskumu sa pracovníci oddelenia podieľali aj na riešení *vedecko-výskumných grantov Ministerstvom financií SR*:

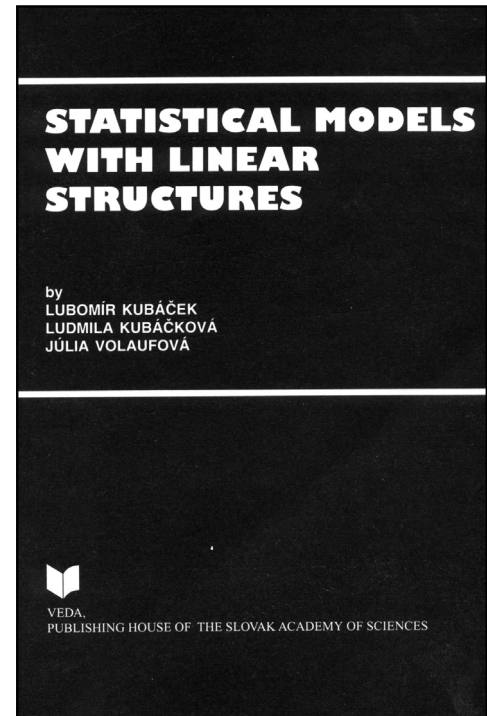
- Metódy neurónových sietí a ich využitie vo finančnej oblasti (1998).
- Optimalizovanie dlhovej služby pomocou metód neurónových sietí (1999).
- Analýza regionálneho členenia štátnych výdavkov a príjmov pomocou metód neurónových sietí (1999).
- Analýza a predikcia príjmov ŠR pomocou metód neurónových sietí (1999).
- Analýza verejných financií vo väzbe na ekonomickú úroveň jednotlivých regiónov (2000).
- Analýza dlhovej služby verejnej správy (2000).

Pracovníci Oddelenia teoretických metód ÚM SAV aktívne spolupracujú s domácimi aj zahraničnými vedeckými pracoviskami a vzdelávacími inštitúciami a pravidelne prednášajú pre študentov riadneho aj postgraduálneho štúdia, sú externými školiteľmi diplomantov a doktorandov (Fakulta matematiky, fyziky a informatiky Univerzita Komenského v Bratislave, Fakulta elektrotechniky a informatiky Slovenská technická univerzita v Bratislave, Fakulta financií Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici, Academia Istropolitana Nova vo Svätom Jure).

Najvýznamnejšie výsledky:

- Bol odvodený *odhad typu MINQUE* v replikovanom, dvojetapovom a multivariátnom lineárnom modeli s variančnými komponentami a so systémom lineárnych podmienok. Navrhnutý bol aj lokálne najsilnejší, lokálne nevychýlený test všeobecnej lineárnej hypotézy o variančných komponentoch v pevne zvolenom smere. Boli vytvorené tabuľky kritických hodnôt pre test kontroly kvality. (Projekt GA SAV 366/91).
- Bola vypracovaná testovacia štatistika pre *test hypotézy o rovnosti parametrov q exponenciálnych súborov*. Ďalej bola dokázaná veta o pravdepodobnosti veľkých odchýlok logaritmu pomeru vierohodností za neklasických predpokladov, nevyžadujúcich spojitosť funkcií hustôt. (Projekt VEGA 2/999366/92).

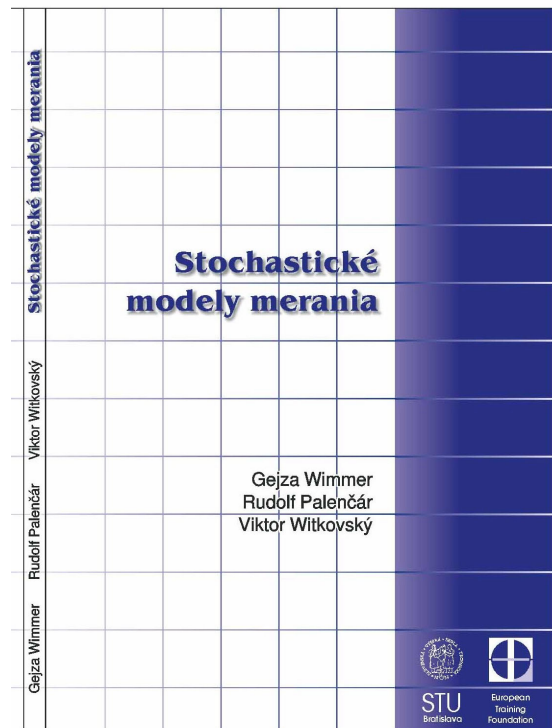
- Za platnosti predpokladov o spojitosti hustôt vo zvolených oblastiach a asymptotickej lokálnej linearizovateľnosti odhadu bolo odvodené asymptotické chí-kvadrát *rozdelenie testovacej štatistiky dobrej zhody* s teoretickou triedou rozdelení. Pomocou tohto výsledku boli skonštruované dva testy dobrej zhody pre Laplaceovo rozdelenie. Toto rozdelenie nemá vo svojom mediáne deriváciu a doteraz preň neexistoval nijaký test dobrej zhody. (Projekt VEGA 2/226/94 a 95/5305/468).
- Bola publikovaná monografia: *L. Kubáček, L. Kubáčková, J. Volaufová: Statistical Models with Linear Structures, VEDA 1995*. V tejto práci sú vybudované základy teórie odhadu v lineárnych modeloch s variančnými komponentami. (Projekt VEGA 2/226/94).
- Bol navrhnutý *nový teoretický prístup k odhadovaniu variančných komponentov vo všeobecnom lineárnom modeli s variančnými komponentami* za platnosti úplných, alebo čiastočných eliptických ohraničení na parametre – variančné komponenty. Navrhnutá metóda odhadovania je založená na transformácii pôvodného modelu na nový model, v ktorom variančné komponenty vystupujú už ako parametre prvého rádu (parametre strednej hodnoty). S využitím linearizácie takto transformovaného modelu, v pevne zvolenom bode parametrického priestoru, boli odvodené minimaxné invariantné kvadratické odhady a modifikované minimaxné invariantné kvadratické odhady lineárnej funkcie variančných komponentov. Za predpokladu normality rozdelenia bolo ukázané, že tento typ odhadu sa formálne zhoduje s odhadom, ktorý pôvodne navrhol Kuks a Olman pre parametre prvého radu v klasickom lineárnom modeli. (Projekt VEGA 1/4196/97).
- Bolo dokázané tvrdenie *o asymptotickej reprezentácii L-odhadu* parametra škály v Cauchyho rozdelení a pomocou neho bola skonštruovaná kvantilová testovacia štatistika pre test zhody Cauchyho rozdelenia. Simulačnými metódami boli získané kritické konštanty ako aj odhad sily tohto testu. (Projekt VEGA 1/4196/97).
- Bola skonštruovaná *nová testovacia štatistika pre test zhody Cauchyho rozdelenia*. Táto štatistika je kvadratickou formou prvej a poslednej poriadkovej štatistiky a matica tejto formy je inverziou asymptotickej kovariančnej matice vektora kvantilovej diferenčnej štatistiky. Porovnanie sily testu, ktorý je založený na tejto štatistike s testami založenými na klasických



konkurenčných štatistikách ukazuje, že tento nový test je pre malé rozsahy výberov (menej ako 35) jednoznačne lepší. Výnimkou je len alternatíva Poissonovho rozdelenia s malými parametrami. Tento nedostatok výkonnosti je však nepatrný v porovnaní s prevahou tohto testu pri ostatných deviatich alternatívach. (Projekt VEGA 1/4196/99).

- Bola navrhnutá nová *metodika geometricky riadenej difúzie* (GDD) založená na využití lokálne adaptívnej konduktancie definovanej pomocou miery *dissimilarity* pixelov. Boli rozpracované dve alternatívy tohto prístupu, obe využívajúce pojem prechodového intervalu, v ktorom sa mení relaxačný parameter K . V prvom prípade je interval definovaný kvantilmi gradientov intenzít obrazu, v druhom je optimálna hodnota K vypočítaná zo špeciálnej cenovej funkcie. Zdokonalili sme metodiku číselného vyhodnocovania GDD algoritmov filtrácie MR tomogramov hlavy, uskutočnili a vyhodnotili ďalšie počítačové experimenty. Ukázalo sa, že nami navrhnutá veličina – variancia digitálneho gradientu na špecifických podmnožinách je spoľahlivou mierou tzv. stupňovitých artefaktov vo filtrovanom obraze, ktoré boli doteraz opisované iba na kvalitatívnej úrovni. Rozpracovali sme nové voxelizačné algoritmy a korešpondujúce filtre pre rekonštrukciu povrchu a povrchového gradientu. Metódy sme aplikovali na rôzne geometrické objekty (Projekt VEGA 2/6017/20).
- Bola odvodená a implementovaná metóda na *výpočet distribučnej funkcie*, hustoty a kvantilov lineárnej kombinácie nezávislých t a F náhodných premenných a IG (inverzne gamma) rozdelených náhodných premenných. Metóda využíva tzv. inverznú formulu pre výpočet distribučnej funkcie, ktorá je založená na znalosti charakteristických funkcií. Tieto funkcie, ktoré pre t a IG doteraz neboli v odbornej literatúre publikované, boli explicitne vyjadrené. Špeciálnym prípadom gamma rozdelenia je chi-kvadrát rozdelenie. Navrhnutá metóda výpočtu tak umožňuje exaktný výpočet kritických hodnôt niektorých testovacích štatistík v lineárnych modeloch s variančnými komponentami aj pre malé rozsahy výberov. (Projekt VEGA 1/7295/20).
- Bol skonštruovaný *konfidenčný interval pre proporcionálnu sumu prvých d vlastných čísiel kovariančnej matice* so zaručenou asymptotickou úrovňou spoľahlivosti. Táto proporcionálna suma sa používa v analýze hlavných komponentov ako kritérium, či pri redukcii údajov stačí ponechať prvých d hlavných komponentov. Na rozdiel od klasického konfidenčného intervalu (ktorý je tiež asymptotický) tento nový konfidenčný interval nevyžaduje predpoklad, že posudzované údaje sa získali pozorovaniami gausovsky rozdeleného vektora a je asymptoticky platný pre širokú triedu pravdepodobnostných rozdelení, zahŕňajúcich všetky rozdelenia spojitého typu s konečnými momentmi štvrtého rádu (Projekt VEGA 1/7295/20).

- Boli publikované dve odborné knižné publikácie, ktoré sa venujú *stochastickým modelom merania a spracovaniu a vyhodnocovaniu nameraných údajov*. (Projekt VEGA 1/7295/20).
- Bola navrhnutá nová *metóda zaokrúhľovania nameraných hodnôt* a ich neistôt. Bola definovaná nová koncepcia nazvaná ε -presné zaokrúhľovanie a boli popísané exaktné pravdepodobnostné vlastnosti zaokrúhlených nameraných hodnôt a ich ε -presné konfidenčné intervaly. Boli navrhnuté všeobecné pravidlá pre zaokrúhľovanie výsledkov merania za predpokladu normality rozdelenia chýb. Pravdepodobnostné vlastnosti navrhutej metódy boli porovnané s vlastnosťami štandardných zaokrúhľovacích metód uvedených v ISO štandarde *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, ISO 1995*. (Projekt VEGA 1/7295/20).
- Bol navrhnutý a implementovaný *model umelej neurónovej siete typu Radial Basis Function* na sledovanie (on-line tracking) signálov so zložitým, chaotickým správaním. Tento prístup rieši jeden z hlavných problémov tzv. on-line učenia neurónových sietí a to odhad rádu modelu. Neurónová sieť využíva koncept dynamických bunkových štruktúr, ktorý umožňuje adaptívne prispôbiť zložitosť siete (danú počtom neurónov v skrytej vrstve) zložitosti sledovaného signálu. Oproti porovnávaným prístupom navrhnutá metóda pridávania/uberania neurónov je úspornejšia (menšia komplexita siete), avšak pri zachovaní presnosti sledovania. (Projekt VEGA 2/5088/98).
- Bol navrhnutý a simulovaný *model samoorganizujúcej sa neurónovej siete*, rozšírený pre topologické mapovanie vstupných signálov za účelom biologického modelovania smerovej a orientačnej selektivity neurónov v primárnej vizuálnej kôre mozgu. Navrhnutý model je prvým publikovaným modelom smerovej selektivity neurónov, ktorý využíva aspekt samoorganizácie (Projekt VEGA 2/5088/99).
- Boli analyzované *štrukturálne vlastnosti finančných charakteristík* (ako napr. BRIBOR úrokové miery), ktoré majú vplyv na riadenie štátneho dlhu. Na túto analýzu bol využitý aparát samoorganizujúcich sa neurónových máp, ktoré umožnili klasterizáciu, dimenzionálnu redukciu a vizualizáciu vstupných mnohorozmerných finančných dát. Na základe tejto analýzy bola navrhnutá celková koncepcia riadenia dlhovej služby štátu. V rámci nej bol navrhnutý aj



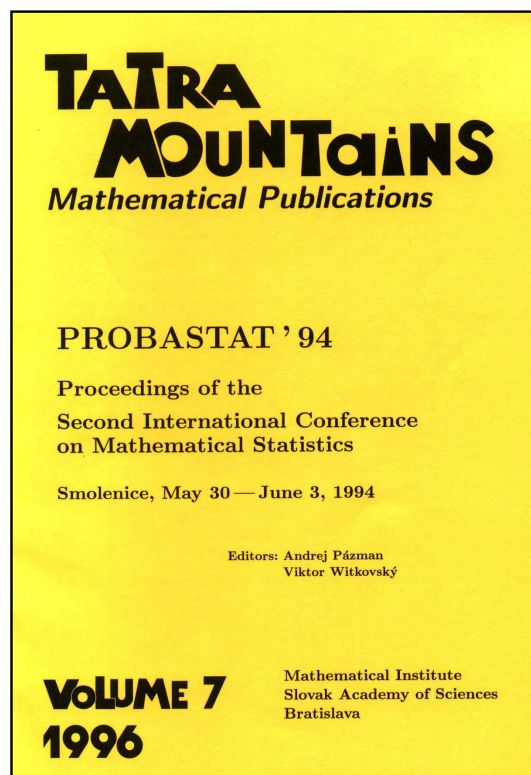
základný súbor metód na vyhodnotenie a analýzu efektívnosti riadenia dlhu ako aj analýza miery jednotlivých rizík dlhovej služby. Súbor metód bol realizovaný ako užívateľsky pohodlný softvérový produkt pre potreby Ministerstva financií SR. (Chudý, L. – Farkaš, I.: *Optimalizovanie dlhovej služby pomocou metód neurónových sietí*, Vedecko-výskumná štúdia pre potreby MF SR, 1999 a Chudý, L. – Farkaš, I.: *Analýza dlhovej služby verejnej správy*, Vedecko-výskumná štúdia pre potreby MF SR, 2000).

- Na našom oddelení bol vytvorený softvér pre efektívne *vyhodnocovanie a zobrazovanie vybraných charakteristík portfólií cenných papierov*. Ide o softvérový produkt pre potreby MF SR. Tento produkt, aj štúdia Chudý L., Chudý V.: *Riadenie portfólia cenných papierov s využitím Markowitzovho modelu*, vznikli na základe zmluvy o spolupráci na rok 2001 medzi Ministerstvom financií SR a Ústavom merania SAV.
- Ocenenie: *The Best Paper Award - Neurocomputing, An International Journal* za prácu: Chudý V., Hapák V., Chudý L. (1991): *Isolated word recognition in Slovak via neural nets*. *Neurocomputing*, 3, 259-282.
- Udelenie individuálneho grantu "*Invariant Principles in Pattern Recognition*" organizáciou Community's Action for Cooperation in Sciences and Technology with Central and Eastern Countries, 1993 (Chudý L.).
- K významným výsledkom v oblasti výskumu umelých neurónových sietí patrí návrh nového typu neurónovej siete na báze formalizmu tzv. *geometrickej algebry*. Okrem prirodzených situácií keď tieto siete pracujú s tzv. *multivektorovými vstupnými dátami* (napr. komplexné čísla, quaternióny) bola vyšetrovaná najmä ich aplikovateľnosť pre riešenie typických problémov s *n-dimenzionálnymi reálnymi vektormi vstupných dát*. Boli navrhnuté heuristické stratégie pre optimalizáciu architektúry v takýchto problémoch. Analyzovali sme transformačné vlastnosti v porovnaní so štandardnými neurónovými sieťami na báze reálnych čísel a následne ich (potencionálne lepšie) zovšeobecňujúce schopnosti. V rámci tohoto formalizmu boli tiež navrhnuté neurónové siete využívajúce tzv. *geometrický produkt* (namiesto skalárneho), ktoré vedú na značné rozšírenie reprezentácie v tzv. *skrytej vrstve* a umožňujú tak potencionálne zvýšiť diskriminačnú schopnosť v klasifikačných úlohách. (Chudý L., Chudý V. (1998): *Geometric Algebra Based Neural Networks. Dealing with Complexity: A Neural Networks Approach*. M. Kárny, K. Warwick and V. Kůrková (Eds). Springer-Verlag London, pp. 141-157.)
- Bol navrhnutý a realizovaný experimentálny hardvérový a softvérový systém, zameraný na *výskum účinkov audio-vizuálnej stimulácie mozgu*. Experimentu sa zúčastnilo 8 dobrovoľníkov, ktorí absolvovali 25 meraní EEG signálu, spojených s audio-vizuálnou stimuláciou mozgu prístrojom Voyager. Namerané údaje boli analyzované tradičnými metódami (Fourierova analýza,



lineárna korelácia, spektrálna entropia) a modernými metódami, známymi z teórie nelineárnych dynamických systémov (vzájomná informácia, korelačná dimenzia a pod.). Cieľom našej analýzy bola detekcia úrovne relaxácie. Ako je známe z neurofyziológie, relaxovaný stav je sprevádzaný nárastom výkonu v oblasti nižších frekvencií signálu. Táto skutočnosť bola našimi metódami potvrdená. Iné indikátory relaxácie (napr. nárast synchronizácie aktivity hemisfér) boli spochybnené (projekt VEGA 2/1136/21).

- Pracovníci Oddelenia teoretických metód ÚM SAV sa v spolupráci s Katedrou teórie pravdepodobnosti a matematickej štatistiky FMFI UK a Matematickým ústavom SAV podieľali na organizovaní *medzinárodných konferencií o matematickej štatistike ProbaStat* (ProbaStat 91, ProbaStat 94, ProbaStat 98 a ProbaStat 2002). Konferencia ProbaStat sa zaradila medzi medzinárodne uznávané vedecké podujatia vo svojom odbore. Počas konferencie ProbaStat 94 Slovenská Akadémia Vied udelila čestný doktorát Prof. Calyampudi R. Raovi (Center for Multivariate Analysis,



Pennsylvania State University, USA) ako prvému zahraničnému vedcovi za jeho prínos pre rozvoj matematickej štatistiky na Slovensku.



Vybrané publikácie:

- Bognárová, M. – Kubáček, L. – Volaufová, V.: Comparison of MINQUE and LMVQUIE by simulation. In: Acta University Palacki, Olomouc. Fac. Rer. Nat., Mathematica 35, 1996, 25-38.
- Chudý, V. – Hapák, V. – Chudý, L.: Isolated word recognition in Slovak via neural nets. In: Neurocomputing, 3, 1991, 259-282.
- Chudý, L. – Viceník, K. – Koska, M. – Prokeš, J.: Eigenvector approach to associative memory. In: Novák M. a Pelikán E. (eds.): Theoretical aspects of Neurocomputing, World Scientific, 1991.
- Chudý, L. – Chudý, V. – Koska, M.: Translation invariance by self-supervised neural networks. In: Neural Network World, 5(1), 1995, 25-40.
- Chudý, L. - Chudý, V.: Geometric Algebra Based Neural Networks. Dealing with Complexity: A Neural Networks Approach. In: M. Kárny, K. Warwick and V. Kůrková (Eds). Springer-Verlag London, 1998, 141-157.
- Chudý, L. – Farkaš, I.: Prediction of chaotic time-series using dynamic cell structures and local linear models. In: Neural Network World, 8(5), 1998, 481-490.

- Farkaš, I.: Invariance of Gaussian-vector mapping using a self-organizing map. In: *Neural Network World*, 7(2), 1997, 153-159.
- Farkaš, I. – Chudý, L.: Application of a growing self-organizing map to thinning of binary characters with noise. In: *Proceedings of WSOM'97: Workshop on Self-Organizing Maps*, Espoo, Finland, 1997, 215-219.
- Farkaš, I.: Self-organizing maps for representing structures. In: *Euro-International Symposium on Computational Intelligence (E-ISCI-2000)*. Heidelberg: Springer-Verlag, 2000, 29-34.
- Grendár, M. - Grendár, M. Jr.: Collinearity and coherence. A Geometric view of complementarity of maximum entropy and maximum likelihood tasks. In: *Journal of Electrical Engineering*, Vol. 52, 2001, 34-35.
- Grendár, M. - Grendár, M. Jr.: Why maximum entropy? A non-axiomatic approach. In: *Bayesian Inference and Maximum Entropy Methods in Science and Engineering*. Melville: American Institute of Physics, 2002, 375-379.
- Grendár, M. Jr. - Grendár, M.: Randomness as an equilibrium. Potential and probability density. In: *Bayesian Inference and Maximum Entropy Methods in Science and Engineering*. Melville: American Institute of Physics, 2002. 405-410.
- Koska, M. – Rosipal, R. – König, A. – Trejo, L. J.: Estimation of Human Signal Detection Performance from Event-Related Potentials Using Feed-Forward Neural Network Model. In: *Computer intensive methods in control and signal processing*, USA, Birkhauser Boston, 1997, 271-281.
- Krakovská, A.: Correlation dimension underestimation. In: *Acta Physica Slovaca*, 45 (5), 1995, 567-574.
- Krakovská, A.: Teória chaosu a fyziológia srdca. In: *Československá fyziologie*, 50, 4, 2001, 192-200.
- Krakovská, A.: Noise reduction based on dynamics reconstruction. In: *Measurement Science Review*, 1, 2001, 21-24.
- Kubáček, L. – Kubáčková, L. – Volaufová, J.: Statistical models with linear structures. Bratislava, Veda, 1995.
- LaMotte, L.R. - Volaufová, J.: Prediction Intervals via Consonant Intervals. In: *The Statistician*. 48 Part 3, 1999, 419-424.
- Markošová, M.: Analytical and numerical studies on deterministic sandpiles. In: *Physica D*, 80, 1994, 41-48.
- Markošová, M.: Analytical and numerical studies on deterministic sandpiles, In: *Physica D*, 80, 1995, 41.
- Markošová M. (1995): Self organized criticality – analytical calculations and open problems. *Acta Physica Polonica*, B26, 997-1008.
- Markošová, M.: Non-conservative sandpile cellular automaton on the Bethe lattice. In: *Journal of Physics A*, 28, 1995, 6903-6914.
- Viceník, K. - Bartók, K.: Tactile EEG biofeedback and its EEG spectra response. In: *Studia Psychologica*, 39, 1997, 4.

- Rosipal, R. - Dorffner, G. - Trenker, E.: Can ICA improve sleep-spindles detection? In: *Neural Network World*, 8/5, 1998, 539-548.
- Rosipal, R. – Koska, M. – Farkaš, I.: Prediction of chaotic time-series with a resource allocating RBF network. In: *Neural Processing Letters*, 7, 1998, 185-197.
- Rosipal, R. – Girolami, M. – Trejo, L. J.: Kernel PCA feature extraction of event-related potentials for human signal detection task. In: *Computing and Information Systems*. Vol.7, 2000, No.1, 20-23.
- Rosipal, R. – Girolami, M. – Trejo, L. J.: Kernel partial least squares regression in RKHS. In: *Journal of Machine Learning Research*. Vol. 2, 2001, 97-123.
- Rosipal, R. – Girolami, M.: An expectation-maximization approach to nonlinear component analysis. In: *Neural Computation*. Vol. 13, 2001, 505-510.
- Rosipal, R. – Girolami, M. – Trejo, L. J. – Cichocki, A.: Kernel PCA for feature extraction and de-noising in non-linear regression. In: *Neural Computing & Applications*, Vol. 10, no. 3, 2001, 231-243.
- Rublík, F.: On optimality of the LR tests in the sense of exact slopes. Part I. General case. In: *Kybernetika*, 25, 1989, 13-25.
- Rublík, F.: On optimality of the LR tests in the sense of exact slopes. Part II. Application to individual distributions. In: *Kybernetika*, 25, 1989, 117-135.
- Rublík, F.: Testing a tolerance hypothesis by means of an information distance. In: *Aplikace matematiky*, 35, 6, 1990, 458-470.
- Rublík, F. – Bognárová, M.: Tables for a statistical quality control test. In: *Applications of Mathematics*, 37, 6, 1992, 459-468.
- Rublík, F.: On Hodges-Lehmann optimality of LR tests. In: *Kybernetika*, 30, 2, 1994, 199-210.
- Rublík, F.: On d-optimality of LR tests. In: *Kybernetika*, 31, 2, 1995, 189-206.
- Rublík, F.: On consistency of the MLE. In: *Kybernetika* 31, 1995, 45-64.
- Rublík, F.: Some tests on exponential populations. In: *Tatra Mountains Mathematical Publications*, 7, 1996, 229-235.
- Rublík, F.: A large deviation theorem for the q-sample likelihood ratio statistic. In: *The Annals of Statistics*, 24, 1996, 2280-2287.
- Rublík, F.: A quantile goodness-of-fit test applicable to distributions with non-differentiable densities. In: *Kybernetika*, 33, 1997, 505-524.
- Rublík, F.: A goodness-of-fit test for Cauchy distribution. In: *Tatra Mountains Mathematical Publications*, 17, 1999, 71-81.
- Rublík, F.: Asymptotic distribution of the likelihood ratio test statistic in the multisample case. In: *Mathematica Slovaca*, 49, 5, 1999, 577-598.
- Rublík, F.: Tests of some hypotheses on characteristic roots of covariance matrices not requiring normality assumptions. In: *Kybernetika*, 37, 1, 2001, 61-78.

- Rublík, F.: A quantile goodness-of-fit test for Cauchy distribution, based on extreme order statistics. In: Applications of Mathematics. Vol. 46, no. 5, 2001, 339-351.
- Rublík, F.: On performance of multiple comparison methods used in conjunction with the Kruskal-Wallis test. In: Measurement Science Review. Vol. 1, no. 1, 2001, 37-42.
- Širková, L. – Witkovský, V.: On testing variance components in unbalanced mixed linear model. In: Applications of Mathematics. Vol. 46, no. 3, 2001, 191-213.
- Teplan, M. – Krakovská, A. – Štolc, S.: Linear and nonlinear EEG measures in the context of brain training. In: Proceedings of the International Federation for Medical and Biological Engineering, ISDN 1680-0737, Vol. 3, 2002, 2nd European Medical and Biological Engineering Conference, EMBEC'02.
- Teplan, M.: Fundamentals of EEG measurement. In: Measurement Science Review, Vol. 2, 2002, 1-11.
- Volaufová, J. - Witkovský, V.: Least squares and minimum MSE estimators of variance components in mixed linear models. In: Biometrical Journal, 33, 8, 1991, 923-936.
- Volaufová, J. - Witkovský, V.: Estimation of variance components in mixed linear models. In: Applications of Mathematics, 37, 2, 1992, 139-148.
- Volaufová, J.: One variance of two-stage estimator in variance - covariance components model. In: Application of Mathematics, 38, 1, 1993, 1-9.
- Volaufová, J.: MINQUE of variance components in replicated and multivariate linear model with linear restrictions. In: QUESTIÓ, 17, 2, 1993, 183-201.
- Volaufová, J.: Estimation of parameters in a special type of random effects model. In: Proceedings of the International Conference LINSTAT '93. Kluwer Academic Publishers, 1994, 27-34.
- Volaufová, J. - Komorník, J. (1994). Weighted multivariate regression estimates solved by random effects approach. In: Biometrical Journal, 36(3), 1994, 275-283.
- Volaufová, J. – LaMotte, L. R.: A note on invariant quadratics. In: Linear Algebra and Its Applications, 264, 1997, 247-253.
- Volaufová, J. – LaMotte, L. R.: Interval estimation of noncentrality parameter of F-distribution. In: Tatra Mountains Mathematical Publications. Vol.17, 1999, 83-89.
- Volaufová, J. (2001): Some estimation problems in a two-stage linear model – revisited. In: Tatra Mountains Mathematical Publications, 22, 2001, 171-178.
- Wimmer, G. – Witkovský, V. – Duby, T.: Proper rounding of the measurement results under normality assumptions. In: Measurement Science and Technology, Vol.11, 2000, 1659-1665.

- Wimmer, G. – Palenčár, R. – Witkovský, V. (2001): Stochastické modely merania. Bratislava, Grafické štúdio Ing. Peter Juriga, 2001. ISBN 80-968449-2-X.
- Wimmer, G. – Palenčár, R. – Witkovský, V.: Spracovanie a vyhodnocovanie meraní. Bratislava: VEDA, vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, 2002. ISBN 80-224-0734-8.
- Witkovský, V.: Modified minimax quadratic estimation of variance components. In: Kybernetika, 34/5, 1998, 535-543.
- Witkovský, V.: On estimation of variance components with constraints. In: Journal of Statistical Planning and Inference, 69/1, 1998, 81-87.
- Witkovský, V.: Computing the distribution of a linear combination of inverted gamma variables. In: Kybernetika. Vol. 37, 2001, 79-90.
- Witkovský, V.: On the exact computation of the density and of the quantiles of linear combinations of t and F random variables. In: Journal of Statistical Planning and Inference. Vol. 94, 2001, 1-13.
- Witkovský, V.: Exact tests of variance components using generalized p-values. In: Folia Facultatis scientiarum naturalium Universitatis Masarykianae Brunensis: Mathematica. Vol. 9, 2001, 119-125.
- Witkovský, V.: Exact distribution of positive linear combinations of inverted chi-square random variables with odd degrees of freedom. In: Statistics & Probability Letters. Vol. 56, 2002, 45-50.

ODDELENIE ZOBRAZOVACÍCH METÓD

Vedúci: Prof. Ing. Ivan Frollo, DrSc.

E-mail: frollo@savba.sk

Internet: www.measurement.sk/frollo



Akademické vzdelanie:

1963 - Elektrotechnická fakulta SVŠT v Bratislave
Ing., špec. rádioelektronika

1963 - Tesla Elektroakustika Bratislava, vývoj. prac

1967- vedecký pracovník, Ústav merania SAV, CSc.

1972 - samostatný vedecký pracovník II.a

1991 - vedúci vedecký pracovník I.a

1992 - obhájl doktorskú dizertačnú prácu, DrSc.

1993 - docent v odbore meracia technika na Strojníckej fakulte STU v Bratislave

1995 - vysokoškolský profesor pre odbor meracia technika, STU v Bratislave

Zastávané funkcie:

1967- vedúci výskumnej skupiny pre biologické merania a konštrukciu elektronických meracích prístrojov pre biológiu a fyziológiu a zástupca vedúceho Oddelenia biofyzikálnych meraní.

1978 - vedúci Oddelenia automatizovaných systémov merania.

1985 - vedúci Oddelenia zobrazovacích metód.

1991 - vedúci Laboratória tomografických metód

2002 - vedúci Oddelenia zobrazovacích metód.

Od 15.6.1998 vykonáva funkciu riaditeľa ústavu.

Mimo ústavu je prof. Frollo členom mnohých komisií a rád fakúlt VŠ, poradného orgánu MŠ SR, vedeckého kolégia SAV, IMEKO-Technical Committee on Measurement Science TC7 – stály delegát za Slovenskú republiku, URSI (Union Radio-Scientifique Internationale), viceprezident národného komitétu za Slovenskú republiku, člen IEEE, člen Central European Academy of Science and Art, (CEASA), člen redakčnej rady časopisu ELECTRICAL ENGINEERING, zodp. redaktor časopisu MEASUREMENT SCIENCE REVIEW.

Orientácia vedeckého výskumu:

Merania v medicínskych vedách. Meracie metódy a prístroje pre biológiu, fyziológiu, kardiochirurgiu a respirológiu, elektronické meracie prístroje na báze mikropočítačovej techniky. Tomografické metódy a systémy na báze nukleárnej magnetickej rezonancie s aplikáciou pre fyziku a medicínu.

Ocenenia (v oblasti ocenenia prístrojov ako člen kolektívu, ktorý viedol):

1. Zlatá medaila - Interlab '71, (Zariadenie pre podporný obeh krvi).
2. Cena I. stupňa - Súťaž ČSAV a SAV, 1975, (Klinická synchr. jednotka...).
3. Cena I. stupňa - Súťaž ČSAV a SAV, 1980, (Reflexometer M 8081).
4. Čestné uznanie - RACIO 1981 (UZ detektor UZD - 80).
5. Čestné uznanie - Praha DNT '86 (NMR tomograf TMR-86).
6. Čestné uznanie - Súťaž ČSAV a SAV, 1982, (Generátor impulzov G - 8082).
7. Cena SAV, 1987, (za výskumné výsledky v oblasti NMR, člen kolektívu).
8. Strieborná plaketa Aurela Stodolu, SAV 1989 (za zásluhy v techn. vedách).
9. Zlatá plaketa Aurela Stodolu, SAV 1999 (za zásluhy v technických vedách).
10. Pamätná medaila k 60. výročiu založenia Fakulty elektrotechniky a informatiky STU v Bratislave, 2001.
11. Pamätný list k 40. výročiu založenia Katedry elektrotechniky, Strojnícka fakulta STU v Bratislave, 2002.

Zoznam pracovníkov oddelenia:

Laboratórium tomografických metód

Vedeckí pracovníci:

Peter Andris, Ing. PhD., (zástupca vedúceho oddelenia)

Ľuboš Budinský, Ing. CSc.

Ivan Frollo, Ing. DrSc., profesor, (vedúci oddelenia)

Vladimír Jellúš, Ing. CSc.

Viliam Senaj, RNDr. CSc.

Pavol Szomolányi, Dr. Ing.

Jan Weis, Ing. CSc.

Inžinierski pracovníci:

Anna Plačková, RNDr., odborná pracovníčka VŠ

Igor Strolka, Ing., odborný pracovník VŠ

Doktorandi:

Erik Kuruc, Ing.

Ladislav Bačiak, Mgr.

Technik:

Štefan Kovačič, odborný pracovník ÚSO

Laboratórium spracovania obrazu

Vedeckí pracovníci:

RNDr. Ing. Ivan Bajla, PhD.

Ing. Peter Latta, CSc.

Súčasná orientácia vedeckého výskumu v oddelení:

Meracie metódy a systémy založené na princípe nukleárnej magnetickej rezonancie (NMR) pri nízkom magnetickom poli, zodp. riešiteľ I. Frollo.

Významné projekty:

Projekt **EUREKA** (2000-2002), “E!2012 -LOW-FIELD NMR”, medzinárodný projekt koordinovaný prostredníctvom Universitaet Wien/Surgery Department Austria.

Projekt **VEGA** (1999-2001): “Integrované snímače, signálové cesty a zobrazovacie metódy na báze nukleárnej magnetickej rezonancie”, 2/6020/99.

Projekt **VEGA** (2002-2004): “Tomografické metódy na báze nukleárnej magnetickej rezonancie pri nízkom magnetickom poli”, 2/2040/22

Projekt **APVT** (2002-2006): "Nové metódy a prístroje na pulmonálnu, hepatálnu a gastro-intestinálnu neinvazívnu diagnostiku" APVT- 51- 017802, čias. úloha: Analýzu pľúcnych ochorení pomocou MRI pri aplikácii hyperpolarizovaného He3.

Výskum je zameraný na riešenie problémov týkajúcich sa zobrazovania biologických a nebiologických objektov pomocou nukleárnej magnetickej rezonancie (NMR). Hlavná orientácia výskumu je na *nové zobrazovacie metódy* z hľadiska *špeciálnych snímačov* na celotelové zobrazovanie a mikro-zobrazovanie. Dôraz je kladený na *nízke stacionárne magnetické polia* 0,1 Tesla, kde hlavné ciele výskumu sú tvarové snímače s distribuovanými parametrami pre biologické a nebiologické objekty zobrazovania a na zobrazovanie stacionárnych magnetických polí, povrchové snímače pre biologické objekty, výskum a vývoj bodových a dlhých senzorov pre intrasomatické diagnostikovanie, defektoskopiu pórovitých materiálov, tenkých biologických a nebiologických vzoriek. Výskum v oblasti merania odstupu signál/šum pri nízkych magnetických poliach, určovanie hraničných podmienok homogenity bázového magnetického poľa a vf. poľa.

Progresívne výpočtové metódy optimalizácie priestorových konfigurácií magnetických systémov (stacionárne, gradientové a vysokofrekvenčné).

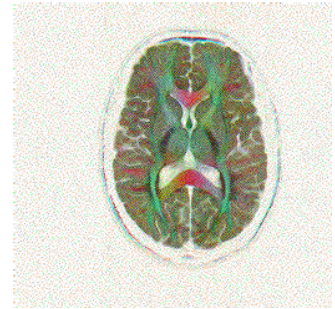
Perspektívne *algoritmy na spracovanie obrazov* využívajúce *adaptívne transformácie*, pedspracovaniu NMR signálov v k-oblasti.

Špecifické metódy v NMR tomografii, zodp. riešitelia V. Jellúš, L. Budinský, (VEGA 1998 – 2002).

Zobrazovacie metódy magnetickej rezonancie citlivé na pohyb rezonančných spinov. Zobrazovanie váhovanej difúzie na princípe magnetickej rezonancie fokusované na zobrazovanie *anizotropie v ľudskom mozgu*. Funkčné zobrazovanie ľudského mozgu magneticou rezonanciou. Mikro-zobrazovanie magneticou rezonanciou. Spektroskopické zobrazovanie magneticou rezonanciou. Metódy

spracovania dát a analýza obrazu. Nelineárne metódy adaptívnej filtrácie a segmentácie NMR zobrazenia mozgu založené na kontrolovanej difúzii.

Cieľom bolo skúmať fyzikálne a experimentálne limity v NMR zobrazovaní mikroprietokov vyššími magnetickými poľami, merania difúzie a perfúzie. Výskum mikrocirkulácie krvi a jej transportu do malých ciev a kapilár. Výsledky výskumu sú aplikované hlavne v medicíne a biológii, na diagnostikovanie dospelých, detí a novorodencov, pre *intrasomatické diagnostikovanie*, pre porózne materiály defektoskopie, v NMR mikroskopii a na meranie prietokov.



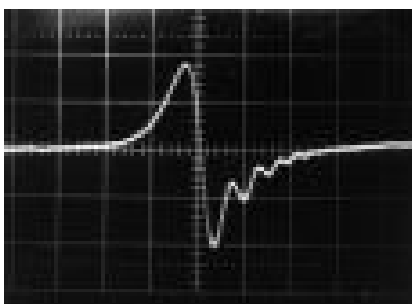
Difúzne zobrazenie na báze NMR orientované na anizotropiu ľudského mozgu

Nelineárne metódy adaptívnej filtrácie a segmentácie MR obrazov mozgu na báze geometricky riadenej difúzie, zodp. riešitelia I.Bajla, L Budinský (VEGA 1999-2001).

Počiatky výskumu v NMR tomografii.

Etapa I.

Od roku 1980 sa v tomto oddelení riešia projekty na báze *nukleárnej magnetickej rezonancie*, kedy sa začala konštrukcia *NMR tomografu pre malé vzorky*. Začiatky však boli skôr. Prvá séria experimentov na požičanom elektromagnete (z Katedry elektrotechniky SjF STU) prebehla už v roku 1979 a detekoval sa prvý signál NMR na frekvencii 13,4 MHz. Najväčším



problémom bolo získanie homogénneho a stabilného magnetického poľa.

NMR signál bol získaný vo vf. cievke ako súčasť marginálneho oscilátora. Rozmietaným gradientovým poľom pomocou prídavnej cievky došlo pri splnení Larmorovej podmienky k modulácii výstupného signálu z oscilátora a získal sa disperzný signál NMR uvedený na obrázku.

Etapa II.

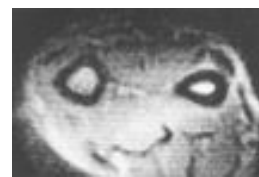
Prvé tomografické obrázky na elektromagnete, ktorý bol vyrobený v BEZ Bratislava boli publikované už v roku 1981. Boli to prvé experimenty metódou „*selected point*“ s využitím



striedavých gradientových magnetických polí a zápisom detekovaného signálu FID na x-y zapisovači.



V ďalšej etape bola aparátúra tomografu riadená mikropočítačovou technikou a nijako nezaostávala za obdobnou experimentálnou aparátúrou vo svete. Bola prvýkrát použitá metóda 2DFT. S vtedy dostupnou výpočtovou technikou, vysokofrekvenčnými modulmi, skonštruovanou riadiacou videografickou jednotkou VGJ-64 a gradientovými zosilňovačmi bola už k dispozícii aparátúra, ktorá bola schopná generovať relatívne kvalitné obrázky. Na oddelenie signálových ciest bolo nutné konštruovať zložité moduly optoizolátorov OPTO-80.



Transverzálny obraz rezu ruky (2DFT, J.O.)

Najväčším problémom bolo zabezpečenie časovej krátkodobej a dlhodobej stability bázo­vého magnetického poľa. Bola vyvinutá jednotka stabilizátora MFS-86, ktorá na báze detekcie signálu NMR z malej vzorky a za použitia spätnej väzby zabezpečovala stabilitu magnetického poľa 1,5 ppm. Stabilita chladiacej vody bola riadená aj pomocou modulu TS-86.



Riadiaca konzola tomografu TMR-86 (B.Pietrzyk, J.Obrcian, J.Weis)

Vyvinuté zariadenie malo oficiálny názov: *Experimentálne zariadenie na tomografické zobrazovanie biologických štruktúr pomocou magnetickej rezonancie TMR-86.*

Predsedníctvo SAV udelilo „Cenu SAV“ za rok 1987 za prácu „Príspevok k rozvoju tomografických zobrazovacích metód na princípe NMR“ kolektívu riešiteľov.

Etapa III.

V 90-tych rokoch sa ukončila stavba celotelového tomografu TMR-96, ktorý sa dodnes úspešne používa na vedecký výskum.

Kolektív, ktorý stál pri zrode myšlienky celotelového tomografu:

I. Frollo, v strede. Zľava: I. Bajla, B. Pietrzyk, M. Krížik, J. Weis, V. Jellúš. J. Obrcian. (11.6.1987)



Cesta k celotelovému tomografu bola dlhá a zložitá. Výpočet vlastného elektromagnetu a korekčného cievkového systému trval asi 2 roky. Išlo samozrejme tiež o finančnú stránku a o otázku, ako bude toto zariadenie využité pre ďalší výskum. Padlo pozitívne rozhodnutie vtedajšieho vedenia ústavu a v roku 1990 sa (na báze podkladov a výpočtov riešiteľského kolektívu) poslala do Bratislavských elektrotechnických závodov objednávka na elektromagnet, napájací zdroj a zdroj na napájanie korekčných cievok. Výroba zdroja magnetického poľa trvala rok a konečne 4.7.1991 bola celá aparátúra dovezená na ústav a inštalovaná. Inštalácia potrebovala stavebné úpravy miestnosti, kde mal byť elektromagnet s hmotnosťou 5 ton uložený .



Kolektív pracovníkov oddelenia, ktorý asistoval pri inštalácii elektromagnetu tomografu 0,1 Tesla dňa 4.7.1991



Celotelový tomograf TMR-96 bol vybavený doplnkovými zariadeniami:

- Posuvné lôžko na uloženie vzoriek i celého tela. Je možný posuv ručný alebo automatický cez riadiaci modul, alebo priamo cez počítač.
- Zameriavacie zariadenie pomocou laserovej diódy a optiky

- Jednotka NMR stabilizátora, ktorá zabezpečuje stabilitu v rozsahu 1,5 ppm. Pozostáva z NMR sondy, vf. vysielateľa, prijímateľa, detektora, A/D prevodníka, počítača, D/A prevodníka, zosilňovačov a slučky spätnej väzby na riadenie prúdu napájateľa elektromagnetu.



- Homogenitu tomografu zabezpečuje 72 korekčných cievok inštalovaných na valci a napájaných zo 16 riadených prúdových zdrojov. Prúdy týchto cievok boli vypočítané pomocou originálnej metódy na báze najmenších štvorcov a výpočet bol optimalizovaný na báze metód genetických algoritmov.

- Chladenie elektromagnetu zabezpečujú 2 chladiace okruhy. Vnútornej s výmenníkom tepla umiestneným v suteréne budovy a vonkajší s bazénom a chladiacou vežou mimo budovy.

- Na excitáciu protónov je použitá vf. celotelová cievka napájaná vysielateľom s max. výkonom 2 kW na frekvencii 4.45 MHz.

- Sada snímacích vf. cievok je určená na zobrazovanie hlavy a malých vzoriek. Tieto cievky sú pripojené cez prepínací člen na zosilňovače a na konzolu SMIS, ktorá je určená na kompletne spracovanie signálu. Ladenie týchto cievok je možné ručne alebo automaticky pomocou kondenzátorov ovládaných jednosmernými motorčekmi.



- Gradientové cievky a ich počítačom riadené napájate x,y,z sú prostriedkami, ktoré určujú mapovanie (orientáciu) v homogénnom stacionárnom magnetickom poli a sú určujúce pri selekcii snímaného bodu, roviny alebo aj celého objemu vzorky. Požiadavkou je dobrá linearita a vysoká rýchlosť spínania prúdov gradientových cievok. Tomograf je vybavený trojicou počítačom riadených zosilňovačov typu TECHRON.

- Riadiaca konzola S.M.I.S. (financovaná z fondu nadácie A. von Humboldta z položky dvoch štipendistov, V.Jelluša a J.Weisa) predstavuje komplexnú počítačovú jednotku na riadenie celého procesu generovania NMR obrazov: generátor excitačného signálu, modulátor, zosilňovače, demodulátor, A/D a D/A prevodníky, generovanie meracích postupností, riadenie gradientových napájačov, procesor na spracovanie obrazových údajov (DSP), jednotka rýchlej Fourierovej transformácie (FFT), monitor, programové vybavenie.



- Tieniaca klieťka je z medeného, v argóne zváraného plechu. Všetky signálové cesty, ktoré vstupujú alebo vystupujú z klieťky sú filtrované dolnopriepustnými alebo selektívnymi filtermi na zamedzenie vniku vonkajších rušivých polí. Na zníženie rozptylu magnetického poľa sú v okolí elektromagnetu umiestnené dosky feromagnetických tenkých plechov. Vnútro tomografu je monitorované CCD kamerou.

Najvýznamnejšie výsledky:

Z hľadiska vedeckých výsledkov možno zaradiť tie, ktoré vznikli na báze medzinárodných spoluprác a tiež skupinu výsledkov pri využití celotelového NMR tomografu TMR-96 realizovaného na ÚM SAV.

1. Metóda vyšetrovania chemického posuvu pri zobrazovaní ľudskej pokožky pomocou mikroskopického NMR zobrazovania.
2. Zobrazovanie difúzie s vysokým rozlíšením za použitia sekvencie typu Turbo-Spin-Echo, kompenzácia vírivých prúdov a samo-navigácia. Bolo použité difúzne váhované MR zobrazovanie intracelibrálnych štruktúr a bolo vykonané porovnanie s konvenčným MR zobrazovaním a histologickou štruktúrou.
3. Projekčno-rekonštrukčná MR spektroskopia za použitia krátkej doby TE pri vyhodnocovaní hrúbky artikúlárnej chrupavky a trabekulárnych kostí. Testovanie kostnej architektúry pomocou rekonštrukčnej mikroskopie.
4. Spektroskopia veľkých objemov, spektroskopické zobrazovanie celotelového tuku.

5. Spektroskopické zobrazovanie zložiek kostnej drene v stavcových útvaroch.

6. Zobrazovanie a meranie dlhých vzoriek pomocou tyčových snímačov, aplikácia pri meraní magnetických polí. Optimalizovaný návrh gradientového a vysokofrekvenčného systému.

7. Meranie magnetického vysokofrekvenčného poľa pomocou NMR metódy. Bola vyvinutá

originálna metóda merania magnetického poľa malých cievok pomocou merania nehomogenity základného magnetického poľa NMR tomografu.

8. Návrh metódy a výpočtových algoritmov na optimalizovaný návrh elektromagnetov pre NMR zobrazovanie s cieľom dosiahnutia najvyššej homogenity vo vybranom priestore. Metóda má všeobecnú platnosť a možno ju použiť na optimalizáciu vybraných parametrov základných fyzikálnych experimentov pri splnení vstupných definovaných podmienok.

9. Vypracovanie matematického modelu, algoritmov programového vybavenia na výpočet vysokofrekvenčných snímačov pre NMR tomografiu s optimalizačnými procedúrami na báze genetických algoritmov.

10. Vytvorenie metódy na návrh a vyhodnocovanie nehomogenít stacionárnych magnetických polí za použitia štatistických metód a 2-D waveletovej transformácie.

11. Bola navrhnutá a experimentálne overená NMR metóda vizualizácie nehomogenít magnetického vysokofrekvenčného poľa v okolí vf. NMR cievky.

12. Bola vyvinutá metóda zníženia šumu NMR obrazov za použitia waveletovej transformácie v k-oblasti.

13. Vývoj algoritmov a programov genetických procedúr na minimalizáciu funkcií jednej aj viacerých premenných. Výskum metód zvýšil účinnosť genetických algoritmov s dôrazom na voliteľný operátor elitizmu. Napísanie programu pre genetický algoritmus s interpretáciou chromozómov reálnymi číslami. V porovnaní s interpretáciou binárnymi reťazcami sa zvýšila rýchlosť optimalizačného výpočtu a tiež presnosť dosiahnutých výsledkov. Genetický algoritmus bol aplikovaný pri optimalizácii magnetického poľa magnetu pre predpokladanú účasť laboratória na projekte Eureka.

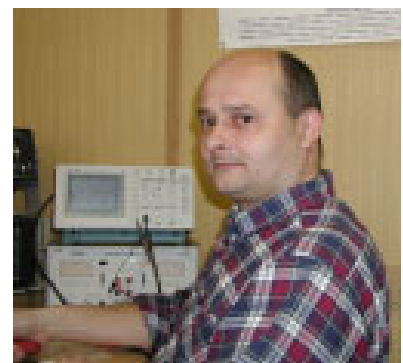


14. Bol vykonaný návrh a realizácia vybraných tvarových snímačov na báze vysokofrekvenčných rezonátorov a tieto boli otestované v NMR tomografe 0,1 Tesla s výskumom parametra S/Š a relatívneho kontrastu Cr. Boli identifikované zdroje rušení a signálové vysokofrekvenčné cesty boli ošetrené z hľadiska elektromagnetickej kompatibility.
15. Boli navrhnuté a realizované elektronické moduly na riadenie rýchlych gradientových impulzových sekvencií.
16. Návrh originálnej metódy merania dynamických gradientov magnetického poľa. Realizácia meracieho prístroja s presnosťou merania rádovo 100 ppm pre gradientové pulzy s trvaním do 2s. Realizácia meracej sondy pre meranie dynamickej zložky ΔB_0 s presnosťou do 0,1 ppm. Merací rozsah v závislosti od snímacích cievok mT/m – T/m.
17. Návrh a konštrukcia vysoko stabilného odporového bočníka s nízkym teplotným koeficientom odporu (ppm/K) a nízkou vlastnou indukčnosťou pre vysoko stabilné prúdové napájače gradientových cievok pre MR zobrazovanie.
18. Návrh a realizácia metódy na zvýšenie stability prúdového zdroja pre gradientový systém pomocou externej spätnej väzby.
19. Návrh a konštrukcia prúdového urýchľovača pre indukčnú záťaž (gradientové cievky).



Z hľadiska optimalizácie parametrov experimentálneho NMR tomografu 0,1 Tesla a jeho prípravy na ďalší výskum boli vykonané tieto práce: Bola riešená problematika zníženia vplyvu vonkajšieho elektromagnetického rušenia pri meraniach na celotelovom tomografe. Bol navrhnutý a realizovaný rad opatrení, pričom ich efektívnosť bola určená meraním tieniacej účinnosti systému. Bolo dosiahnuté zvýšenie tieniacej účinnosti systému až o 30 dB.

Ďalej bola realizovaná nová hlavová cievka s vysokým činiteľom kvality, pomocou ktorej boli získané obrázky rezov hlavy v rozličných rovinách (transverzálne, sagitálne a koronárne rezy). Pozornosť bola venovaná tiež problematike aplikovania supravodivých snímacích



cievok, ktoré môžu priniesť zlepšenie odstupu signál/šum predovšetkým pri NMR meraniach s nízkym magnetickým poľom, alebo pri NMR mikroskopických meraniach. Bola vypracovaná metodika na výpočet vlastného (intrinzičného) odstupu signál/šum cievky s vloženou vzorkou s definovanou vodivosťou pri nízkych frekvenciách magnetického poľa.

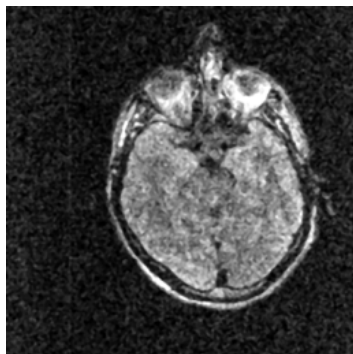
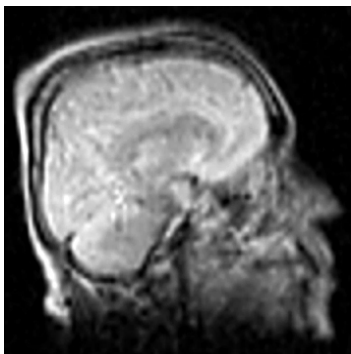
V rámci pokračovania spolupráce s Laboratóriom NMR mikroskopie v Terste v oblasti vyšetovania štruktúry a vlastností trabekulárnej kosti a vyšetovania možnosti diagnostikovania osteoporózy na základe týchto meraní bola venovaná pozornosť hľadaniu robustnej *metódy segmentácie* 3D mikroskopických NMR obrazov trabekulárnej kosti. Bol realizovaný softvérový nástroj na segmentáciu 3D NMR obrazov trabekulárnej kosti s grafickým užívateľským rozhraním, ktorý umožňuje výber rôznych typov lineárnych a nelineárnych filtrov (dolnopriepustné lineárne filtre, mediánové filtre, anizotropná difúzia a potlačanie šumu, založené na waveletovej transformácii obrazu) na potlačenie šumu v obrazoch a následnú segmentáciu filtrovaného obrazu jednoduchým prahovaním (s prahom váhovaným na základe kalibračného merania) alebo pomocou tzv. Bayesovskej segmentácie obrazu, pri ktorej sa berie do úvahy nielen samotná hodnota intenzity voxelu, ale tiež lokálna konfigurácia jeho okolia. Dôležitá je otázka vyhodnotenia a vzájomného porovnania účinnosti rôznych metód filtrácie a segmentácie obrazov a navrhnutá metodika na porovnávanie vlastností jednotlivých metód.

Výpočet magnetu pre rezový NMR tomograf, ktorý by sa mal použiť v projekte *Eureka* bol zameraný na dosiahnutie čo najvyššej homogenity magnetického poľa v strednej rezovej rovine magnetu, kde sa predpokladá umiestnenie meranej vzorky. Boli dosiahnuté veľmi dobré hodnoty homogenity, čo má priamy dopad na výsledky NMR meraní pomocou snímačov SQUID, ktoré by sa mali vykonať v rámci projektu *Eureka*.

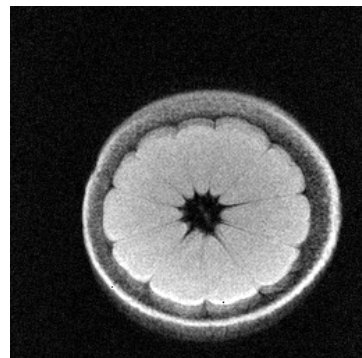
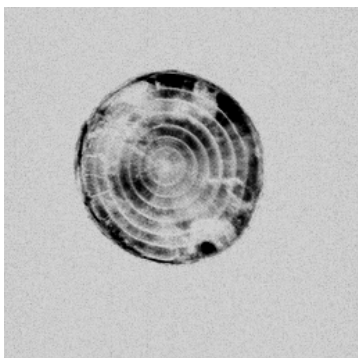
Bol vytvorený algoritmus spracovania NMR signálu z hľadiska zvýšenia pomeru signál/šum a verifikácie z hľadiska eliminácie artefaktov tohoto modelu pomocou simulácie v konzole SMIS.

Pokračoval výskum *waveletovej transformácie* v spracovaní signálov v NMR tomografii. Algoritmy boli overené na konkrétnych NMR signáloch zobrazovaných biologických vzoriek (botanické vzorky i časti ľudského tela).

Komparatívne zobrazovanie biologických vzoriek (botanické vzorky i časti ľudského tela) ako východisko pre ďalší výskum. Boli získané obrazy pri poli 0,1 Tesla (NMR tomograf ÚM SAV):



Sagitálne a transverzálne obrázky ľudskej hlavy, 128 x 128, FOV 320x320 mm, TE = 50ms, Tr =1750 mm, 4 akumul. Hrúbka vrstvy 20 mm, odstup rezov 20 mm



Transverzálne rezy dreviny, borovica, D=76 mm, 256x256, Spin Echo 2DFT, (vľavo). Zobrazenie tenkej vrstvy botanickej vzorky (citrón), hrúbka 7 mm, D=86 mm, 256x256 bodov, Spin Echo 2DFT, 18 akumul.

Vybrané publikácie:

1. Frollo, I. - Krížik, M.: Tomografické merania vlastností biologických štruktúr riadený mikropočítačovou technikou. Elektrotechnický časopis, 32, 1981, 10, 781-783.
2. Weis, J. - Jellúš, V. - Frollo, I.: Stabilizátor jednosmerného magnetického poľa na báze jadrovej magnetickej rezonancie. Elektrotechnický časopis, 37, 1986, 8, 601-608.
3. Frollo, I.: Návrh štvorvodičového usporiadania a generovania gradientového magnetického poľa pre tomografiu na báze magnetickej rezonancie. Elektrotechnický časopis, 37, 1986, 6, 480-488.
4. Weis, J. - Jellúš, V. - Frollo, I.: Magnetic field stabilizer for NMR imaging systems with resistive magnets. Review of Scientific Instruments, 58, 1987, 12, 2256-2259.
5. Frollo, I. - Krížik, M. - Jellúš, V. - Obrcian, J. - Weis, J. - Lantay, A. - Pietrzyk, B. - Plačková, A. - Štulajterová, V.: Experimentálne zariadenie na tomografické zobrazovanie biologických štruktúr pomocou magnetickej rezonancie TMR-86. Lékař a technika, 18, 1987, 3, 47-53.

6. Frollo, I. - Tischler, J.: Zdroj stacionárneho magnetického poľa pre tomografiu na princípe magnetickej rezonancie. *Elektrotechnický časopis*, 38, 1987, 7, 528-543.
7. Jellúš, V. - Obrcian, J. - Frollo, I.: Prepínací článok vysokofrekvenčného budiaco-snímacieho systému tomografu na princípe magnetickej rezonancie. *Elektrotechnický časopis*, 38, 1987, 8, 634-637.
8. Krížik, M. - Frollo, I. - Pietrzyk, B.: Upravlenie gradientnoj katusičnoj sistemoj dlja tomografii na osnove JAMR. *Naučnaja Apparatura*, 2, 1987, 2, 61-68.
9. Jellúš, V. - Frollo, I.: Metóda 2D FT v tomografii na báze magnetickej rezonancie. *Slaboproudý obzor*, 48, 1987, 10, 481-485.
10. Frollo, I. – Mihale, J.: Zobrazovanie ischemických lézií v mozgu kráľika tomografom na báze magnetickej rezonancie. *Českosl. neurologie a neurochirurgie*, 1988, 1, 36-40.
11. Weis, J. – Frollo, I. – Budinský, Ľ.: Rýchle meranie rozloženia magnetického poľa magnetov určených pre NMR tomografiu. *Elektrotechnický časopis*, 39, 1988, 9, 679-687.
12. Weis, J. – Jellúš, V. – Frollo, I.: Impul'snyj stabilizator magnitnogo poľa na osnove jadernogo magnitnogo rezonansa. *Izmeritel'naja technika*, 50, 1988, 6, 43-45.
13. Frollo, I.: Generation and application of gradient magnetic fields in NMR measurement and imaging. *Scientific Instrumentation*, 4, 1989, 2, 41-51.
14. Frollo, I.: Parallel plane gradient system for NMR experiments. *Review of Scientific Instruments*, 60, 1989, 11, 3442-3446.
15. Obrcian, J. - Jellúš, V. - Weis, J. - Frollo, I.: Vysokofrekvenčné signálové cesty experimentálneho tomografického zariadenia. *Elektrotechnický časopis*, 41, 1989, 3, 206-213.
16. Weis, J. – Frollo, I. – Budinský, Ľ.: Magnetic field distribution measurement by the modified FLASH method. *Zeitschrift fur Naturforschung*, 44a, 1989, 7, 1151-1154.
17. Weis, J. - Budinský, Ľ.: Simulation of the influence of magnetic field inhomogeneity and distortion correction in MR imaging. *Magnetic Resonance Imaging*, 8, 1990, 2, 483-489.
18. Matej, S. - Bajla, I.: A high-speed reconstruction from projections using direct Fourier method with optimized parameters - An experimental analysis. *IEEE Transaction on Medical Imaging*, 9, 1990, 4, 421-429.
19. Weis, J. - Budinský, Ľ.: Vplyv nežiadúcich zložiek magnetického poľa na zobrazovanie spinovej hustoty v NMR tomografii. *Československý časopis pro fyziku*, 40, 1990, 4, 394-402.
20. Budinský, Ľ. - Weis, J.: Meranie prietoku pomocou NMR zobrazovania. *Československý časopis pro fyziku*, 42, 1992, 165-176.

21. Weis, J. - Budinský, L. - Krížik, M.: Gradient amplifier imperfection in NMR imaging. *Magnetic Resonance Imaging*, 10, 1992, 461-464.
22. Obrcian, J. – Jellůš, V. – Frollo, I.: Magnetic resonance imaging systems-shielding and disturbing signals filtering. *Scientific Instrumentation*, 6, 1991, 3-4, 103-114.
23. Frollo, I. – Jellůš, V.: Magnetic field time-instability in nuclear magnetic resonance using 2-D Fourier transform. *Journal of Electrical Engineering*, 43, 1992, 8, 224-246.
24. Alliney, S. - Matej, S. - Bajla, I.: On the possibility of direct Fourier reconstruction from divergent-beam projections. *IEEE Transaction on Medical Imaging*, 12, 1993, 2, 173-181.
25. Frollo, I. - Szomolányi, P.: Method and instrumentation for stationary magnetic field measurement by NMR. *Journal of Electrical Engineering*, 45, 1994, 9-11.
26. Senaj, V. - Krížik, M. - Frollo, I.: Transient response aspects of gradient magnetic field used in nuclear magnetic resonance imaging. *Journal of Electrical Engineering*, 45, 1994, 134-136.
27. Senaj, V. - Petráš, P. - Krížik, M.: The measurement of gradient magnetic fields using an introduction method. *Elektrotechnický časopis*, 45, 1994, 1, 31-35.
28. Ericsson, A. - Weis, J. - Hemingsson, A. – Wikström, M. - Sperber, G.O.: Measurement of magnetic field variations in the human brain using 3 DFT multiple gradient echo technique. *Magnetic Resonance in Medicine*, 33, 1995, 171-177.
29. Mueller, H.P. - Weis, J. - Kimmich, R.: Computer simulation and six dimensional spin density / velocity NMR microimaging of lacunar systems. A comparative analysis of percolation properties. *Physical Review E*, 52, 1995, 5195-5204.
30. Weis, J. - Kimmich, R. - Müller, H. P.: NMR imaging of thermal convection patterns. *Magnetic Resonance Imaging*, 14, 1996, 319-327.
31. Bajla, I.- Šrámek, M.: A modified approach and novel measure for evaluation of the image smoothing algorithm performance. *Journal of the Electrical Engineering*, 47, 1996, 93-101.
32. Frollo, I.: Magnetic field homogeneity representation by 3-D bin-counts-statistics. *Journal of Electrical Engineering*, 48, 1997, 26-29.
33. Budinský, L. – Jellůš, V. – Szomolányi, P. – Coremans, J.- Stadnik, T. - Boujraf, S. – Frollo, I. – Luypaert, R.: Quantitative diffusion tensor analysis performed on a clinical scanner. *Magnetic Resonance Materials in Physics, Biology and Medicine*, 6, 1998, 295, 120-121.
34. Latta, P. – Jellůš, V. – Budinský, L. – Mlynárik, V. – Tkáč, I. – Luypaert, R.: Motion artifacts reduction in DWI using navigator echoes : A robust and

- simple correction scheme. *Magnetic Resonance Materials in Biology, Physics and Medicine*, 7, 1998, 21-27.
35. Senaj, V. – Guillot, G. – Darrasse, L.: Inductive measurement of magnetic field gradients for magnetic resonance imaging. *Review of Scientific Instruments*, 69, 1998, 6, 2400-2405.
 36. Andris, P. - Frollo, I.: Measuring coil design based on genetic algorithm for RF magnetic field measurement NMR imager. *Journal of Electrical Engineering : Elektrotechnický časopis*, 50, 1999, 8/S, 28-31.
 37. Andris, P.: Matching RF coils for NMR tomograph. *Journal of Electrical Engineering : Elektrotechnický časopis*, 50, 1999, 5-6, 147-150.
 38. Seifert, M.H.J. – Jakob, P.M. – Jellůš, V. – Haase, A. – Hillenbrand, C.: High – resolution diffusion imaging using a radial turbo-spin-echo sequence : Implementation, eddy current compensation, and self – navigation. *Journal of Magnetic Resonance*, 144, 2000, 243- 254.
 39. Cova, M. - Toffanin, R. - Szomolányi, P. - Vittur, F. - Pozzi-Mucelli, R.S. - Jellůš, V. - Silvestri, F. - Dalla-Palma, L.: Short-TE projection reconstruction MR microscopy in the evaluation of articular cartilage thickness. *European Radiology*, 10, 2000, 1222-1226.
 40. Andris, P. – Weis, J. – Frollo, I. – Ericson, A.: RF coil magnetic field measurement by NMR method. *Measurement Science Review*, 1, 2001, 13-16. www.measurement.sk
 41. Toffanin, R. - Cova, M. - Jellůš, V. - Szomolányi, P. - Pozzi-Mucelli, R.S. - Vittur, F.: Evaluation of the trabecular bone architecture by means of short-TE projection reconstruction MR microscopy. In: *MAGMA - Magnetic Resonance Materials in Physics, Biology and Medicine*, 11, 2000, Suppl.1, 268.
 42. Frollo, I. – Andris, P. – Plačková, A.: Measurement and imaging of long samples using nuclear magnetic resonance. *Measurement Science Review*, 1, 2001, 111-114. www.measurement.sk
 43. Frollo, I. – Andris, P. – Strolka, I.: Measuring method and magnetic field homogeneity optimisation for magnets used in NMR-imaging. *Measurement Science Review*, 1, 2001, 9-12. www.measurement.sk
 44. Weis, J. – Ciray, I. - Ericsson, A. – Lindman, H. - Åström, G. – Ahlström, H. - Hemmingsson, A.: Spectroscopic imaging of bone marrow composition in vertebral bodies. *Magnetic Resonance Materials in Physics, Biology and Medicine*, 13, 2001, 15-18.
 45. Weis, J. – Ericsson, A. – Åström, G. – Szomolanyi, P. – Hemmingsson, A.: High-resolution spectroscopic imaging of the human skin. *Magnetic Resonance Imaging*, 19, 2001, 275-278.
 46. Bajla, I. – Holländer, I.: Geometry-driven-diffusion filtering of magnetic resonance images using model-based conductance. *Machine Vision and Applications*, 12, 2001, 223-237.

ODDELENIE BIOMERANÍ

Vedúci: Ing. Milan Tyšler, CSc.

E-mail: umertysl@savba.sk

Akademické vzdelanie:

Ing. - Elektrotechnická fakulta SVŠT, 1974

CSc.- Ústav teórie merania SAV, 1982



Zastávané funkcie:

1985 - 1989, 1991 - vedúci oddelenia biomeraní

1994 - 1998, 2002 - zástupca riaditeľa ÚM SAV

1993 - 1998, 2001 - predseda Vedeckej rady ÚM SAV

1998 - 2001 člen výboru Rady vedcov SAV

1999 - člen VK SAV pre elektroniku, materiálový výskum a technológie

1994 - 1997 člen Pracovnej skupiny pre Európske aktivity IFMBE

1997 - vedecký sekretár Spoločnosti biomedicínskeho inžinierstva a medicínskej informatiky SLS

1997 - predseda slovenského technického subkomitétu IMEKO TC-13 Meranie v medicíne a biológii

2000 - člen výboru International Council of Electrophysiology

Orientácia vedeckého výskumu:

Modelovanie a identifikácia biologických procesov, so zameraním na kardiovaskulárny systém, meracia technika a prístroje pre biomedicínu, spracovanie biosignálov a využitie počítačov a počítačových sietí v biomedicínskom inžinierstve.

Ocenenia:

1987 vzorný pracovník SAV

1995 ocenenie Spoločnosťou biomedicínskeho inžinierstva SLS za publikácie v časopise Lékař a technika

Zoznam pracovníkov oddelenia:

Vedeckí pracovníci:

Ing. Mária Tiňová, PhD

Inžinierski pracovníci:

Ing. Vladimír Rosík

Ing. Marie Turzová

Ing. Jana Švehlíková

Ing. Jaroslav Ždiňák

Ing. Róbert Rášo

Orientácia vedeckého výskumu v oddelení:

Oddelenie biomeraní je zamerané na výskum meracích metód a prístrojov pre biológiu a medicínu. Rieši metódy merania biosignálov založené spravidla na počítačových modeloch meraných biologických objektov a s využitím počítačových simulácií analyzuje možnosti použitia týchto metód na neinvazívne určenie stavu a charakteristik týchto objektov. Na základe navrhnutých metód merania a spracovania biosignálov sa vyvíjajú aj potrebné meracie systémy. Pri ich návrhu sú riešené špeciálne snímače, elektronické meracie moduly a vyhodnocovacie jednotky merania na báze mikropočítačov a personálnych počítačov, včítane potrebného programového vybavenia.

V období po roku 1990 je činnosť oddelenia orientovaná najmä na mnohokanálové meranie a analýzu elektrického poľa srdca, na záznam a analýzu elektrickej aktivity tráviaceho traktu a na fyzikálne metódy stanovenia funkčného stavu štítnej žľazy cez tzv. obvodové ukazovatele.

Riešenie uvedených ale aj ďalších tém prebieha v oddelení v rámci výskumných grantov. V nedávnej minulosti a v súčasnosti sú to najmä

- 1997-1998 grant v rámci akcie Rakúsko-Slovensko "Oberflächen - EKG - Mapping in der klinischen Physiologie des Herzens" riešený spolu s L.Boltzmann Institut für Arrhythmienforschung, Wien
- 1998-2000 čiastková úloha VTP Elektronické prístroje a systémy na meranie a monitorovanie vybraných vplyvov a parametrov životného prostredia"
- 1998-2000 grant VEGA 2/5089/98 "Metódy merania a neinvazívnej lokalizácie zdrojov arytmií v srdci
- 2001-2003 grant VEGA 2/1135/21 "Mnohozvodové merania a analýza nízkoúrovňových bioelektrických signálov",
- 2002-2006 grant APVT- 51- 017802 "Nové metódy a prístroje na pulmonálnu, hepatálnu a gastro-intestinálnu neinvazívnu diagnostiku"
- 2002-2003 grant pre spoluprácu s priemyslom 2/9014/22 "Modulárne meracie prístroje pre biofyzikálne vyšetrenia pracujúce v lokálnej sieti vyšetrovne"

Návrh a vývoj metód a prístrojov na meranie a mapovanie EKG, záznam EGG a ďalších biologických signálov prebieha tiež na základe dohôd o spolupráci a hospodárskych zmlúv. Oddelenie úzko spolupracuje s výskumnými kolektívami v oblasti medicíny a biomedicínskeho inžinierstva na Slovensku i v zahraničí. V súčasnosti sú to najmä

- Ústav normálnej a patologickej fyziológie, SAV, Bratislava,
- Ústav lekárskej fyziky a biofyziky, Lekárska fakulta UK, Bratislava,
- Ústav patologickej fyziológie LF UK, Bratislava,
- Slovenský ústav srdcových a cievnych chorôb, Bratislava,
- Ústav technickej fyziky a materiálového výskumu MAV, Budapešť,
- Ústav problémov prenosu informácií, Ruská akadémia vied, Moskva.

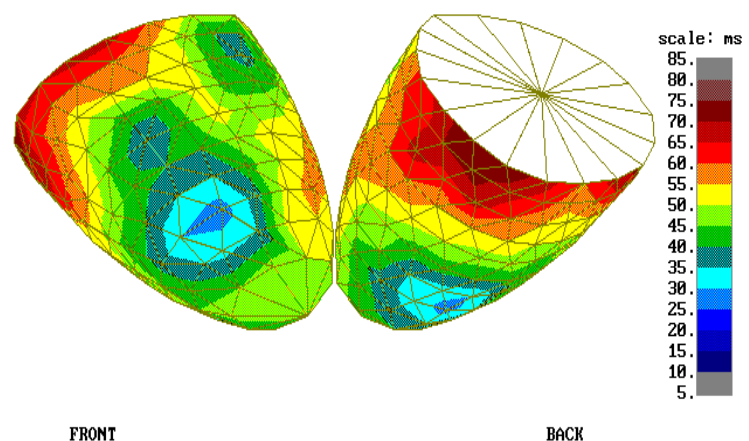
Výsledkom spoluprác sú spoločné publikácie, výmena software a nameraných experimentálnych údajov.

Od roku 2002 sa oddelenie angažuje tiež v rámci siete eHeart, tvorenej ako Network of Excellence v rámci výskumného programu EÚ.

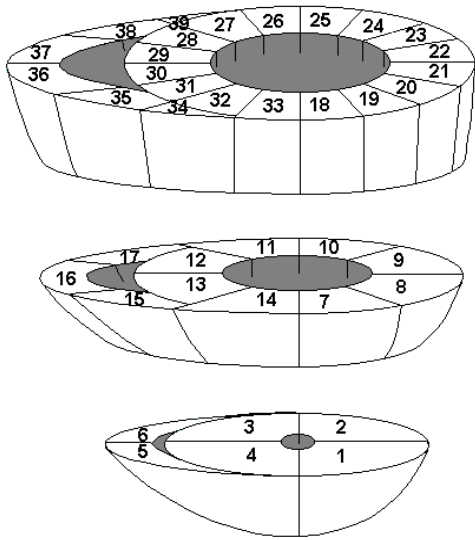
Najvýznamnejšie výsledky:

Základným cieľom výskumu v oblasti **merania elektrickej aktivity srdca** je neinvazívne určenie elektrických parametrov a fyziologického stavu srdca, čo je predmetom riešenia tzv. inverznej úlohy. Pri riešení tejto úlohy sa používajú počítačové modely, ktorých parametre reprezentujú vlastnosti reálneho srdca.

Pomocou počítačových simulácií bola skúmaná možnosť použitia modelových generátorov typu homogénnej dipólovej vrstvy, jednoduchého dipólu a mnohonásobného dipólu na neinvazívne zistenie postupnosti depolarizácie povrchu srdca. Zo simulovaných povrchových EKG potenciálov boli inverzne vypočítané parametre uvedených modelov a s ich pomocou boli určené časy depolarizácie epikardu. Experimenty ukázali, že napriek viacerým zjednodušeniam modelov je možné neinvazívne získať základnú informáciu o prebehu aktivácie srdca. Najlepšie výsledky boli získané pomocou modelu typu regularizovanej homogénnej dipólovej dvojvrstvy (korelácia medzi pôvodnou a inverzne určenou aktiváciou 0,916, stredná kvadratická chyba času aktivácie 4,2 ms). Na obrázku je priebeh depolarizácie normálneho myokardu pri použití UDL modelu s 280 dipólmi inverzne vypočítaný z povrchových potenciálov v 63 zvodoch (1993).



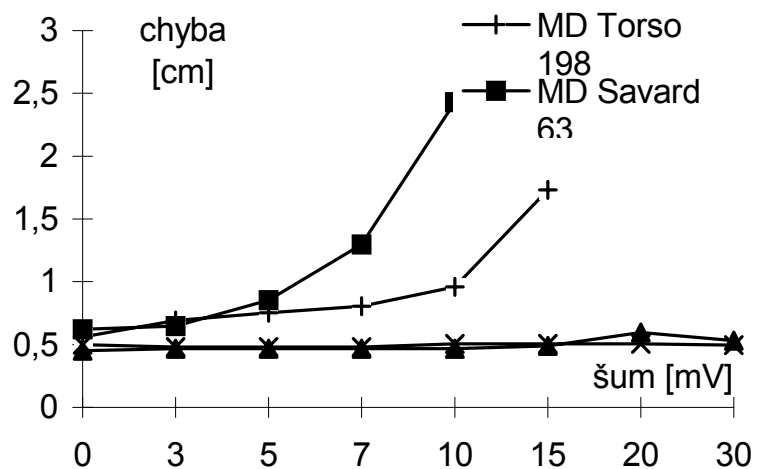
Na neinvazívnu lokalizáciu zdrojov arytmií v átrio-ventrikulárnej oblasti myokardu bola navrhnutá inverzná metóda na báze mnohozvodových meraní EKG a multidipóloveho modelu zdroja. Model je zložený z 39 segmentálnych dipólov, pričom v hornej (bazálnej) vrstve, kde sa predpokladá výskyt aksesórnych dráh, je 22 segmentov (na obrázku). Pomocou počítačových simulácií boli odhadnuté chyby lokalizácie pri použití 24 až 198 zvodov a pri rôznych úrovniach rušenia v EKG. Metóda bola po modelovom overení v spolupráci s LF UK v Bratislave a s L.Boltzmann Institut für Arrhythmieforschung vo Viedni odskúšaná na 24-zvodových meraniach z 9 pacientov s diagnostikovaným WPW syndrómom, u ktorých bola skutočná poloha zdroja arytmie (aksesórnej dráhy)



stanovená ako miesto úspešnej ablácie v jednej z 12 fyziologicky definovaných oblastí srdca. Pri použití jednotnej realistickej geometrie srdca a hrudníka bola metóda schopná u 5 pacientov správne identifikovať segment spadajúci do oblasti srdca určenej pri ablácii a u ďalších 2 pacientov bol správny segment určený ako druhý najpravdepodobnejší. Úspešnosť lokalizácie je v súlade s modelovým vyhodnotením, ktoré ukázalo, že pri použití 63 meraných zvodov a individuálnej geometrie hrudníka je možné očakávať zvýšenie úspešnosti lokalizácie na 86%. To ukazuje možnosť použitia metódy na približné predoperatívne určenie oblasti zákroku (1994-1997).

Inverzná úloha elektrokardiografie je vo svojej podstate zle podmienená, čo znamená, že malé zmeny vo vstupných dátach spôsobujú veľké zmeny v nájdenom riešení. Pre získanie prijateľných inverzných riešení sa používajú rôzne modely zdroja i viaceré metódy regularizácie riešenia. V rámci riešených projektov bola preto podrobne skúmaná dosiahnuteľná presnosť neinvazívnej lokalizácie akcesórnej dráhy na átrio-ventrikulárnom prstenci srdca. Študoval sa vplyv použitého modelu srdca ako zdroja elektrického poľa s jedným alebo viacerými dipólmi ako aj vplyvy, ktoré sa vyskytujú v reálnych meraniach a ovplyvňujú presnosť inverznej lokalizácie. Medzi najdôležitejšie patrí počet a rozmiestnenie meraných zvodov, poruchy v meraných potenciáloch a neistoty a chyby v použítom modeli geometrie hrudníka. Odhadovala sa tiež chyba lokalizácie pri kumulácii spomínaných vplyvov (1995-1998).

V grafe na obrázku je výsledná stredná kvadratická chyba lokalizácie jednej akcesórnej dráhy pri použití potenciálov zo 63 zvodov podľa Savarda alebo 198 zvodov z celého torza, pri rôznych úrovniach porúch a pri použití popísaných modelov s jedným (JD) alebo viacerými dipólmi (MD). Vidno, že použitie MD modelu je citlivejšie na poruchy v EKG. Na rozdiel od JD modelu však v princípe umožňuje aj detekciu viacnásobnej akcesórnej dráhy.

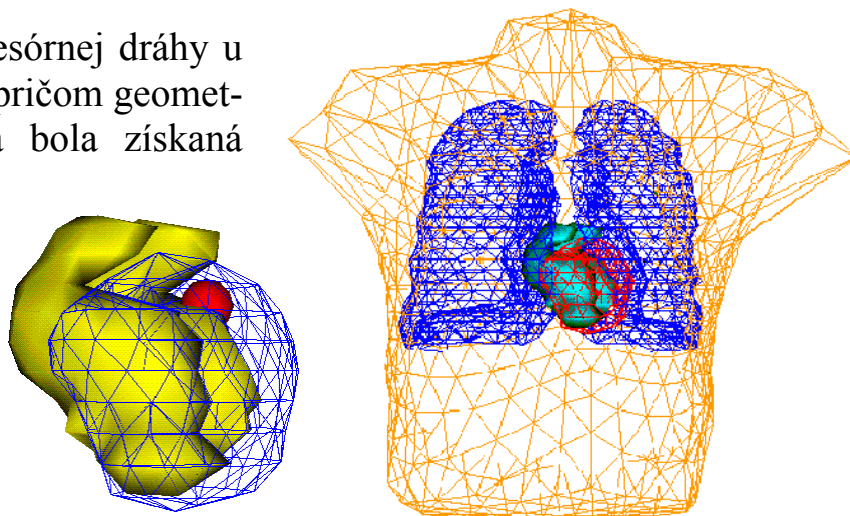


V tabuľke je dokumentovaný nárast chyby lokalizácie pri kombinovanom vplyve viacerých faktorov pre dáta zo 63 zvodov. Napríklad pri kombinácii všetkých faktorov je na MD modeli chyba lokalizácie už neprípustne veľká (v 14% prípadov došlo k lokalizácii s chybou nad 3 cm). Pri použití tohto modelu generátora by bolo nevyhnutné pri lokalizácii použiť nehomogénny model hrudníka, znížiť šum v potenciáloch pod $5 \mu\text{V}$ a čo najpresnejšie poznať polohu srdca.

chybový faktor	chyba lokalizácie [cm]	
	MD model	JD model
žiadny	0.6	0.5
homogénny hrudník	1.1	0.8
šum $5 \mu\text{V}$ v EKG	0.8	0.5
posun srdca	0.9	1.0
všetky spolu	1.7	1.1

Na základe skúmania vlastností viacerých inverzných riešení bola navrhnutá metóda lokalizácie arytmogénneho substrátu v srdci na báze jedného dipólového modelu zdroja s diskretnými polohami. Overenie metódy na reálnych EKG dátach u ventrikulárne stimulovaného pacienta meraného v 64 zvodoch u pacienta s WPW meraného v 63 zvodoch potvrdilo schopnosť metódy správne lokalizovať ložisko arytmie pri znalosti individuálnej geometrie hrudníka. Zároveň ukázalo citlivosť metódy na chyby merania geometrie hrudníka a polohy srdca.

Na obrázku je lokalizácia aksesórnej dráhy u pacienta s WPW syndrómom, pričom geometria nehomogénneho hrudníka bola získaná z CT tomografu na spolupracujúcom pracovisku University of Nijmegen v Holandsku. Nájdená lokalita zodpovedá miestu určenému invazívne počas operácie, kedy bolo arytmogénne tkanivo odstránené vysokofrekvenčnou katéetrovou abláciou (1999).



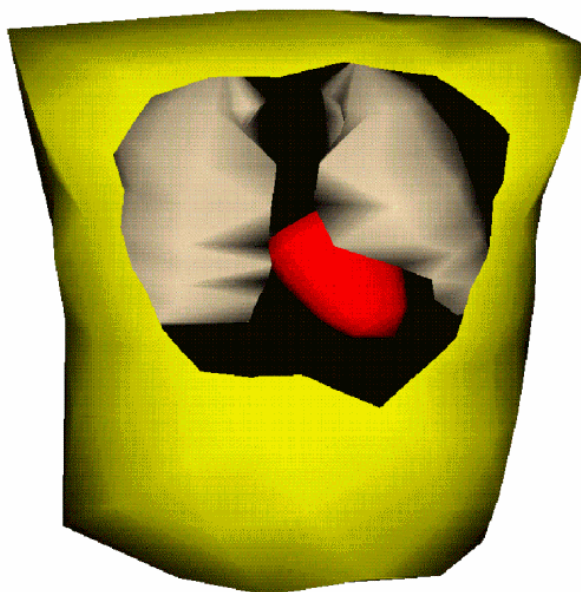
Na štúdium elektrického poľa srdca boli v oddelení navrhnuté modely na riešenie priamej úlohy, teda na modelovanie depolarizácie a repolarizácie srdca a na výpočet elektrického poľa v hrudníku. Tieto sa využívajú najmä na generovanie vstupných údajov na testovanie inverzných riešení. Riešenie priamej úlohy zahrnuje niekoľko úrovní modelov: na úrovni srdca je to model geometrie a štruktúry myokardu, model postupu depolarizácie myokardu a model priebehu akčných potenciálov buniek srdca, ktoré určujú proces repolarizácie. Na úrovni tela je to model náhradného elektrického generátora, ktorý spolu s modelom geometrie a elektric-



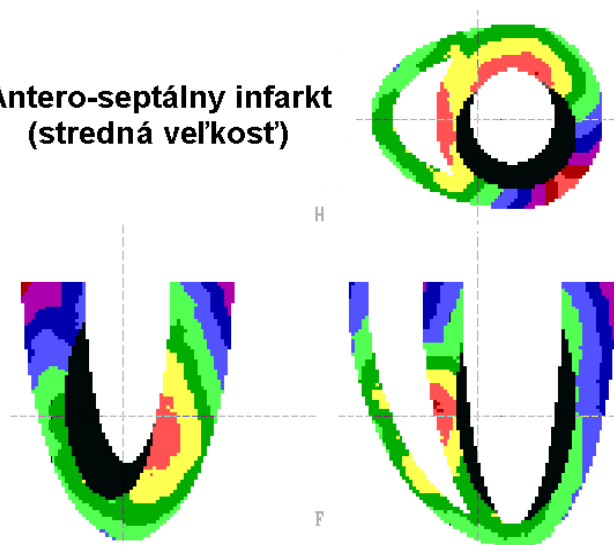
kých vlastností hrudníka a jeho orgánov umožňuje výpočet potenciálov na jeho povrchu.

V spolupráci s Ústavom normálnej a patologickej fyziológie SAV bolo navrhnuté riešenie priamej úlohy, ktoré používa model srdca s analytickou geometriou. Priebeh depolarizácie srdca je modelovaný na Huygensovskom princípe. Elektrická aktivita elementov srdca je reprezentovaná ná-

hradným generátorom typu multidipólu alebo homogénnej dipólovej vrstvy. Hrudník sa modeluje ako izotropný, po častiach homogénny objemový vodič obklopený nevodivým prostredím. Za základné nehomogenity v hrudníku sú považované pľúca s malou relatívnou vodivosťou a srdcové komory naplnené krvou s viacnásobne vyššou relatívnou vodivosťou. Na riešenie elektrického poľa sa používa výpočet Laplaceovej rovnice metódou konečných rozhraní. Riešenie priamej úlohy EKG umožnilo simulovať vplyvy zmien tvaru, polohy, štruktúry a elektrických vlastností srdca, ale aj vplyv ekstrakardiálnych faktorov na povrchové potenciály (1992-1994).

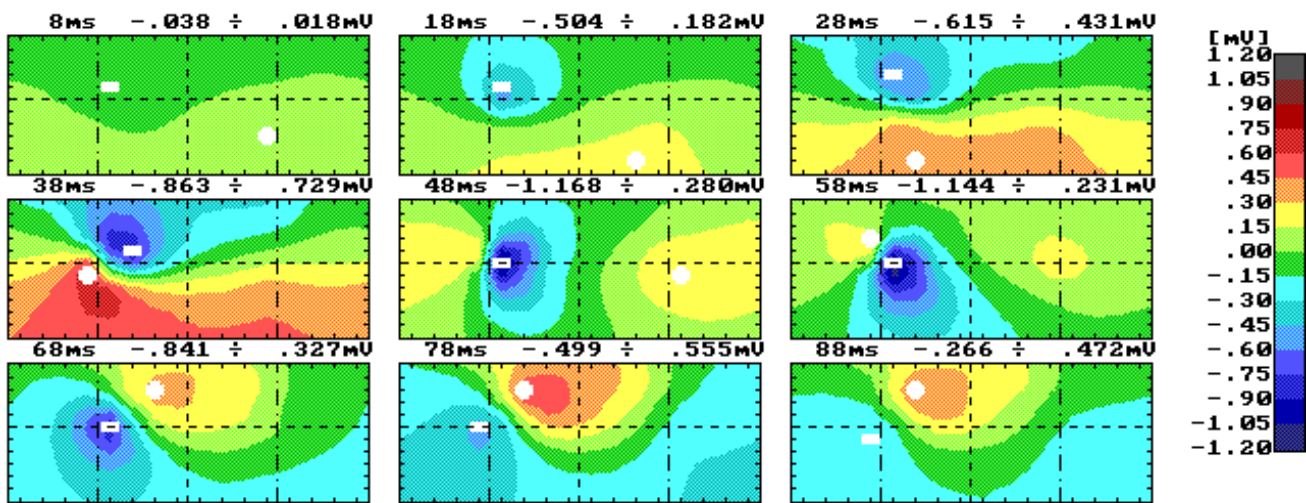


**Antero-septálny infarkt
(stredná veľkosť)**

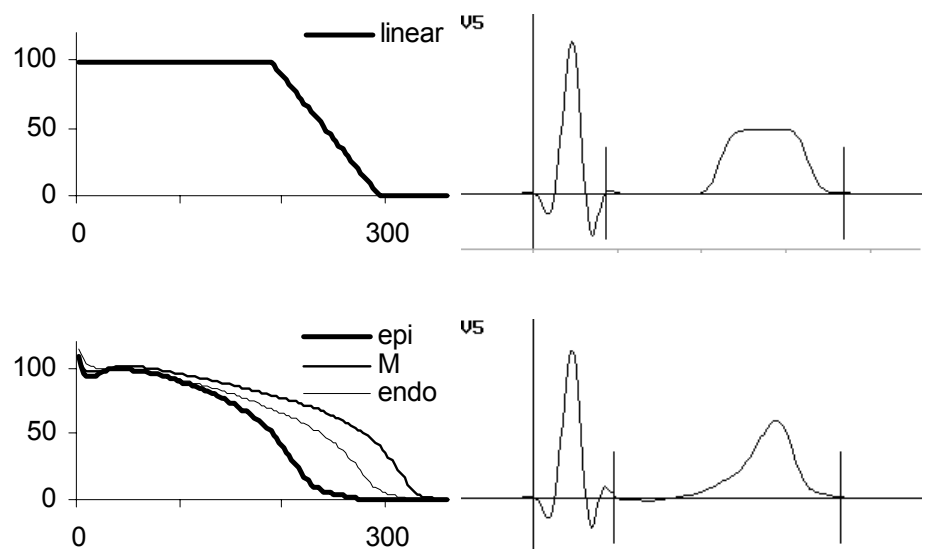


Model aktivácie srdca bol rozšírený o možnosť definovania oblastí s lokálnym poškodením excitability tkaniva rôzneho stupňa. To umožnilo okrem normálnej aktivácie skúmať aj patologické zmeny elektrického poľa srdca, napr. v závislosti od veľkosti a polohy infarktového ložiska, či ischemickej lézie. Na obrázkoch je príklad simulácie antero-septálneho infarktu myokardu s farebným vyznačením priebehu depolarizácie myokardu a sekvencia

máp zodpovedajúceho povrchového rozloženia EKG potenciálov prejavujúceho sa oblasťou negatívnych potenciálov v ľavej prednej časti hrudníka. Ľavá polovica každej mapy predstavuje prednú stenu hrudníka, pravá polovica chrbát. Nad mapami je uvedený časový okamih a rozsah potenciálov (1996).

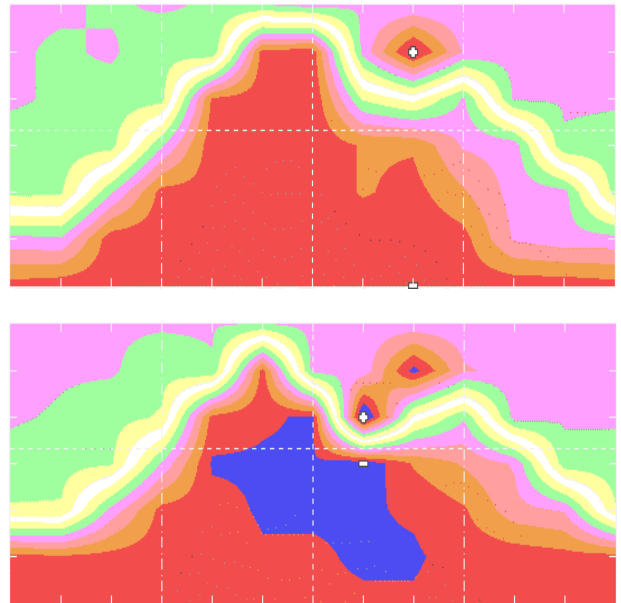


Riešenie priamej úlohy bolo doplnené aj o modelovanie repolarizácie pracovného myokardu s realistickým priebehom akčných potenciálov myocytov. Definícia rôzneho tvaru, amplitúdy a trvania akčných potenciálov v jednotlivých vrstvách a oblastiach myokardu umožňuje detailnú modelovú analýzu vplyvu ich vzájomných vzťahov a prípadných patologických zmien na generované vonkajšie elektrické pole. Model bol použitý na simuláciu povrchových EKG pri lokálnych ischemických zmenách v srdci a na overenie možnosti diagnostiky týchto zmien pomocou metód EKG mapovania. Na obrázkoch je ukázaný vplyv linearizovaného a realistického priebehu akčných potenciálov získaných z experimentálnych meraní na tvar T vlny priebehu EKG (2002).

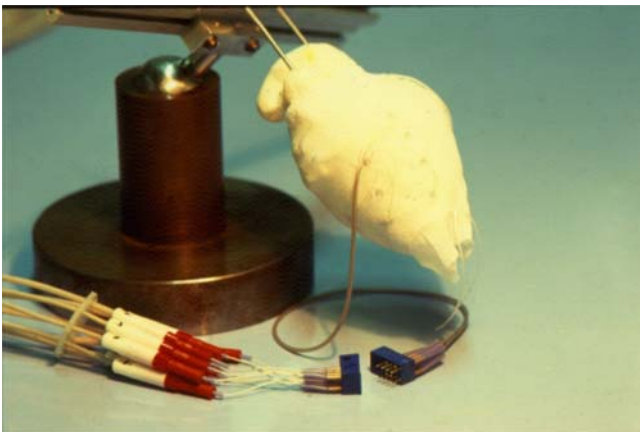


Okrem meracích metód založených na modeloch boli skúmané aj možnosti priameho použitia mapovacích metód, napr. na identifikáciu lokálnych zmien repolarizácie. S použitím počítačového modelu doplneného o modelovanie repolarizácie

srdca bola navrhnutá a overená metóda mapovania časových intervalov ARI (activation-recovery intervals) v povrchové EKG potenciáloch na detekciu lokálnych zmien repolarizácie. Bolo potvrdené, že povrchové ARI mapy obsahujú topografickú informáciu o lokálnych zmenách procesu repolarizácie. Zmeny v ARI mapách boli identifikovateľné pri zmene doby repolarizácie v anteriórnej oblasti srdca predstavujúcej aspoň 6% jeho objemu a pri predĺžení repolarizácie v posteriornej oblasti vzdialenej od povrchu hrudníka a predstavujúcej viac ako 5% objemu srdca. Na obrázku je príklad normálnej ARI mapy (hore) a mapy získanej pri skrátení akčných potenciálov o 10% v antero-septálnej časti ľavej komory, ktoré sa v mape premietlo do skrátenia ARI (oblasť vyznačená modro) v ľavej časti hrudníka (2002).



V náväznosti na teoretické riešenie priamej a inverznej úlohy elektrokardiografie a na základe navrhnutých modelov a metód sa oddelenie venuje aj návrhu potrebnej techniky na meranie, analýzu a monitorovanie činnosti srdca pomocou mnohokanálového EKG z povrchu srdca a hrudníka.



Na priame merania potenciálov na povrchu srdca bola vyvinutá špeciálna tvarovo prispôsobiteľná multielektróda (na obrázkoch) a 16-kanálový merací systém na báze personálneho počítača s optickým oddelením meracej jednotky

a s potrebným programovým vybavením. Tieto sa využívali na dlhodobé meranie epikardiálnych potenciálov pri experimentoch na zvieratách v spolupráci s Ústavom pre výskum srdca SAV (1992-1994).





Paralelne s týmito aktivitami bol v spolupráci s oddelením magnetických meraní vyriešený aj jednokanálový systém na báze supravodivého kvantového magnetometra na snímanie biomagnetických signálov. Systém bol spolu s metódami spracovania nameraných signálov experimentálne overený na snímanie magnetokardiogramov u zvierat ľudí (1994).

Po prvých experimentoch s mnohokanálovým meraním EKG na báze cylindrického koordinátora spomenutého v historickom úvode, bolo po roku 1990 v oddelení vyvinutých niekoľko generácií mapovacích prístrojov, ktoré sa používajú na lekárske pracoviskách nielen na Slovensku, ale aj vo Viedni, v Budapešti, či v Moskve.

Prvým z nich bol prístroj CardioPC (1991). Pomocou meracej jednotky zabudovanej v personálnom počítači umožňoval súčasné meranie až 32 hrudných a 6 končatinových zvodov EKG a mal implementované metódy potenciálového a integrálového mapovania.

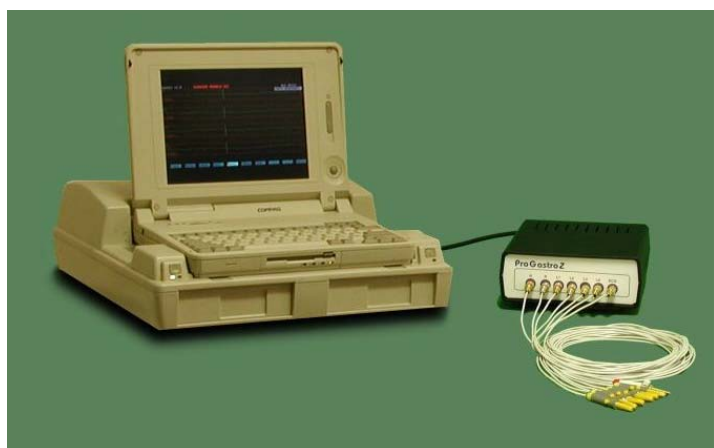


Rozšírením meracieho systému na 64 kanálov a jeho prepracovaním pre spoluprácu s počítačmi notebook v rámci grantu s L. Boltzmann Institut für Arrhythmieforschung vo Viedni vznikol mapovací systém ProCardio 5 na mapovanie EKG v pred- a pooperačnom štádiu. Systém bol inštalovaný vo Wilhelminenspital vo Viedni, kde sa využíval na lokalizáciu zdrojov arytmií. Podobné systémy sa používajú aj na Slovenskom ústave srdcových a cievnych chorôb a v Ústave patologickej fyziológie LF UK v Bratislave. Ako ukázali teoretické rozbor, väčší počet EKG zvodov umožňuje použitie nameraných údajov už aj na riešenie inverznej úlohy, napr. určenia oblasti arytmií s prijateľnou presnosťou (1996-1998).

Najnovším vyvinutým mapovacím prístrojom (2002) je ProCardio 7, ktorý umožňuje meranie štandardných 12-zvodových EKG, vektorkardiogramov podľa Franka, ale aj povrchové EKG mapovanie až zo 128 súčasne meraných hrudných zvodov. Po automatizovanom a interaktívnom spracovaní EKG signálov systém umožňuje vypočítavať, zobrazovať a tlačiť potenciálové, integrálové, odchýlkové integrálové alebo izochronné mapy na hrudníku. Umožňuje tiež využitie nameraných údajov pre riešenie inverzných úloh. Technické prostriedky mapovača ProCardio 7 pozostávajú z patientskeho terminálu s mnohokanálovým zosilňovačom a mikropočítačom riadenou meracou jednotkou. Z nej sú digitalizované údaje po optickom oddelení prenášané cez rýchly paralelný port (IEEE 1284) do riadiaceho personálneho počítača. Zosilňovače patientskeho terminálu sú modulárne a majú programovo riadenú hornú medznú frekvenciu (v 4 krokoch od 100 do 1000 Hz) a individuálne zosilnenie v každom kanále (od 1000 do 8000). Programové vybavenie prístroja umožňuje meranie a spracovanie EKG a následné mapovanie pomocou viacerých používaných zvodových systémov.



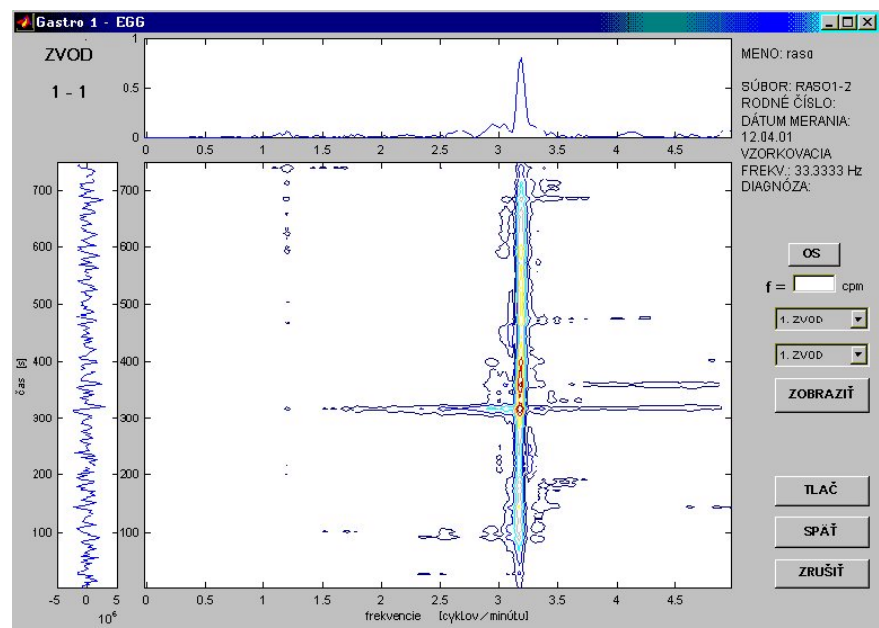
Ďalšou výskumnou oblasťou, ktorou sa oddelenie začalo zaoberať pred niekoľkými rokmi je **meranie a analýza bioelektrickej aktivity tráviaceho traktu** človeka (najmä žalúdka). V prvej etape sa výskum sústredil najmä na technické aspekty záznamu elektrogastrogramu (EGG). I keď prvé elektrogastrografické merania sa podarilo uskutočniť už v roku 1921, nestala sa elektrogastrografia bežnou metódou najmä z dôvodu nedostatočných technických možností, ktoré by umožňovali záznam tak malých signálov, akými sú povrchové žalúdočné biopotenciály snímané v abdominálnej oblasti. Práce, ktoré sa v minulom období objavovali, boli založené na získavaní signálov invazívnym spôsobom, t.j. umiestnením snímacích elektród priamo na povrch žalúdka, využi-



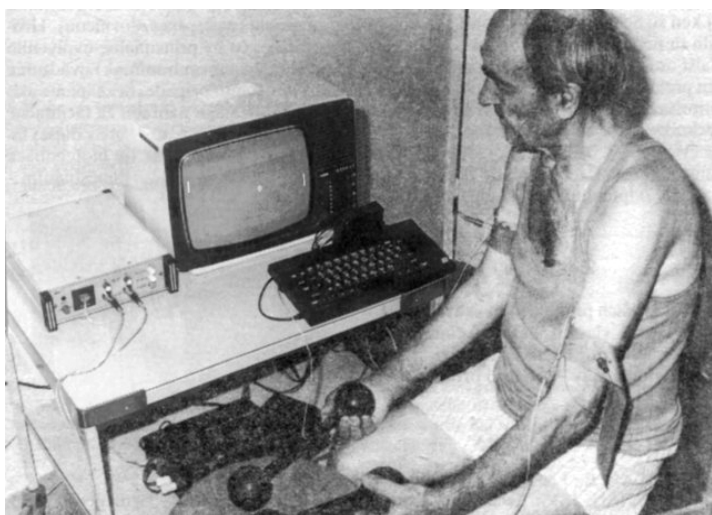
sa elektrogastrografia bežnou metódou najmä z dôvodu nedostatočných technických možností, ktoré by umožňovali záznam tak malých signálov, akými sú povrchové žalúdočné biopotenciály snímané v abdominálnej oblasti. Práce, ktoré sa v minulom období objavovali, boli založené na získavaní signálov invazívnym spôsobom, t.j. umiestnením snímacích elektród priamo na povrch žalúdka, využi-

tím intracelulárných elektród aplikovaných priamo do svaloviny žalúdka, prípadne ďalšími invazívnymi metódami. Cieľom projektu spolupráce s Ústavom patologickej fyziológie Lekárskej fakulty UK v Bratislave bol preto návrh a realizácia moderného elektrogastrografu, vďaka ktorého parametrom by sme boli schopní spoľahlivo zaznamenať elektrickú aktivitu žalúdka. Po experimentálnej fáze bola vyvinutá verzia prístroja ProGastro 2, ktorá sa v súčasnosti využíva aj v Nemocnici Sv. Cyrila a Metoda v Bratislave (2000-2002).

V oblasti EGG výskumu doposiaľ nebol stanovený jednoznačný vzťah patológií žalúdka k zmenám v jeho elektrickej aktivite a naopak. Objasnenie toho vzťahu je predmetom výskumu v rámci medicínsko-technickej spolupráce s LF UK. Doterajšie merania na pacientoch, spojené s počítačovou analýzou meraných EGG signálov umožnili získať časovo-frekvenčné mapy, ktoré potvrdzujú prítomnosť EGG signálu alebo signalizujú jeho zmenený obraz. Na obrázku je časovo-frekvenčná mapa potvrdzujúca prítomnosť EGG signálu v oblasti 2,8 až 3,5 cyklov za minútu. Ďalšia pozornosť je zameraná výskum metód, ktoré by okrem základnej aktivity umožnili aj záznam a analýzu tých spektrálnych zložiek elektrického prejavu žalúdka, ktoré majú súvis s jeho kontraktilnou aktivitou. Ako možné praktické využitie analýzy EGG signálov možno uviesť sledovanie zahájenia aktivity tráviaceho traktu predčasne narodených alebo rizikových novorodencov, obnovenie aktivity traktu u pacientov v šoku po úraze alebo monitorovanie elektrickej aktivity u pacientov s problémami pohyblivosti žalúdka (2001).



Jednou z oblastí, ktorej sa oddelenie venovalo, bolo **snímanie elektromyogramu na rehabilitáciu pomocou biologickej spätnej väzby** u pacientov s parézou niektorých svalov. Bol vyvinutý prístroj Myotrénér, ktorý dvojkanálovo snímал myopotenciály z horných končatín, vyhodnotil intenzitu svalovej aktivity a na jej základe pomocou mikropočítača ovládal televíznu hru. Stupne namáhavosti sa dali nastaviť podľa dosahovaných výsledkov. Prístroj tak motivoval pacienta k cvičeniu, ale zároveň mu zvukovo signalizoval nežiadúcu aktiváciu oboch sva-

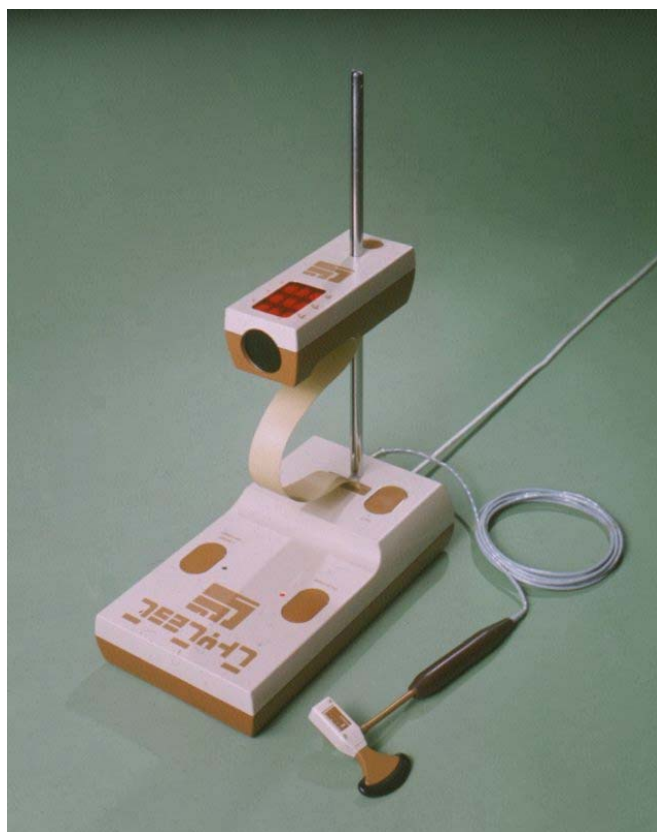


lov súčasne a potrebu relaxácie svalu a až následnej individuálnej kontrakcie. Prístroj sa dlhodobo využíval na Klinike fyziatrie, balneológie a liečebnej rehabilitácie v Bratislave (1991-1992).

Oblasťou záujmu oddelenia je naďalej aj **riešenie fyzikálnych meracích metód spojených so stanovením funkčného stavu štítnej žľazy** cez tzv. obvodové ukazovatele. Intenzita funkčného postihnutia

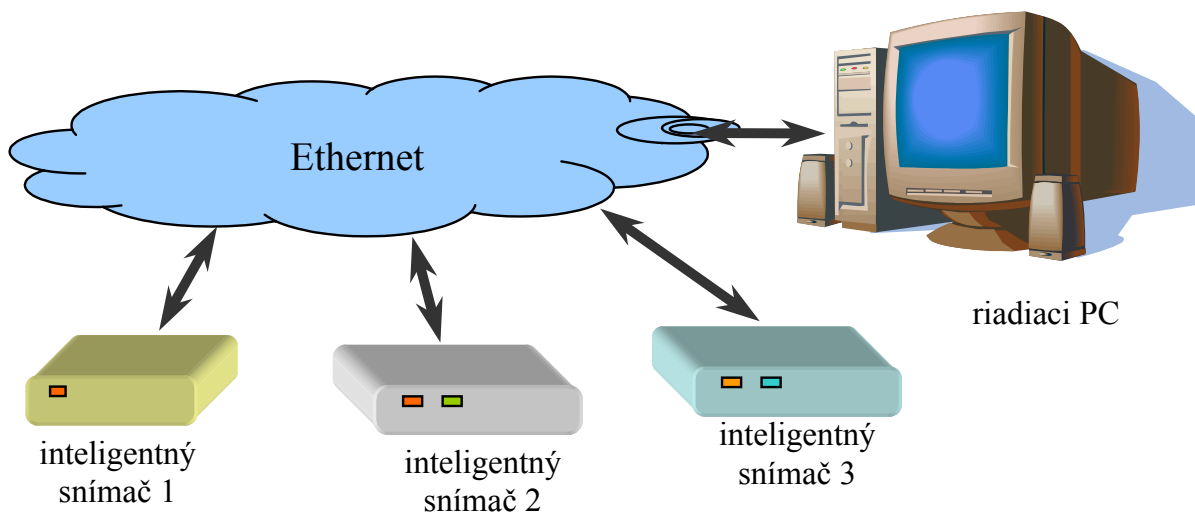
obvodových tkanív sprevádzajúca choroby štítnej žľazy je totiž dôležitým ukazovateľom, ktorý je potrebné posudzovať pri hodnotení stavu a postupu liečby pacientov.

Merací systém Thytest (1991) bol vyvinutý ako nová generácia prístroja na meranie reflexu Achillovej šľachy. Umožňuje vyhodnotiť vplyv disfunkcií štítnej žľazy na nervovo-svalový systém na základe súvislosti medzi trvaním reflexu Achillovej šľachy a funkčným stavom štítnej žľazy. V súčasnosti je reflexometria Achillovej šľachy aj vďaka prístrojom vyvinutým v oddelení biomeraní používaná ako diferenciálna diagnostická metóda a je pracovnou technikou na viacerých klinikách a endokrinologických pracoviskách na Slovensku. Merací systém Thytest umožňuje meranie časových intervalov, ktoré zodpovedajú dobe kontrakcie, polovičnej relaxácie a relaxácie reflexu šľachy. Časové intervaly sú získané analýzou časového priebehu pohybu chodidla, pričom sa zisťujú časové intervaly od okamihu stimulácie šľachy neurologickým vyšetrovacím kladivkom po okamihu maximálnej hodnoty a poklesu signálu na 50% a 5% z maximálnej hodnoty. Snímanie pohybu chodidla sa vykonáva bezdotykovo snímacou hlavicou, na princípe impulzného vyžarovania, odrazu a registrácie infračerveného svetla. Mikropočítač zabezpečuje linea-



rizáciu prevodovej charakteristiky snímača a automatické zmeny zosilnenia prijímača pri silnom a slabom signále zo snímača.

Komplexné hodnotenie vplyvu disfunkcií štítnej žľazy si vyžaduje nielen hodnotenie jej vplyvu na nervovo-svalový, ale aj na srdcovo-cievny, a termoregulačný systém. V rámci projektu Modulárne meracie prístroje pre biofyzikálne vyšetrenia pracujúce v lokálnej sieti vyšetrovne, ktorý je zameraný na implementáciu nových technológií do medicínskych meracích prístrojov, bol navrhnutý modulárny merací systém, ktorý umožní hodnotenia ich funkčného stavu pomocou súboru biofyzikálnych vyšetrení s využitím súboru inteligentných snímačov fyziologických veličín pripojených k vyhodnocovacej jednotke na báze PC cez počítačovú sieť (2002-2003).



Vybrané publikácie:

Kneppo, P. - Tyšler, M. - Turzová, M.: Simulation study of possibilities of using limited lead mapping data for inverse solution based on multipole cardiac generator. In: IEEE Engineering in Medicine and Biology. Eds. J.P. Morucci, R. Plonsey, J.L. Coatrieux, S. Laxminarayan. Piscataway, IEEE Inc. 1992, 2002-2003.

Gúth, A. - Tyšler, M. - Scheer, P. - Koronthályová, M.: Prototyp prístroja s biofeedbackom a hrou pre potreby FRO. Fysiatrický a revmatologický věstník, Vol. 70 (2), 1992, 75-78

Tyšler, M. - Filipová, S. - Kneppo, P.: Metódy mapovania elektrického poľa srdca. Lékař a technika, Vol. 24 (5), 1993, 99-102.

Tyšler, M. - Filipová, S. - Turzová, M. - Rosík, V. - Kneppo, P.: Prostriedky mapovania elektrického poľa srdca. Lékař a technika, Vol. 24 (6), 1993, 125-131.

Turzová, M. - Tyšler, M. - Kneppo, P.: A Model Study of Sensitivity of Body Surface Potential Distribution to Variations of Electrode Placement. *Journal of Electrocardiology*, Vol.27 (30), 1994, 255-262.

Tyšler, M. - Kneppo, P. - Tiňová, M. - Turzová, M.: Representation of depolarization dynamics using simplified models. In: *Electrocardiology'93*, Eds.P.W.Macfarlane, P.Rautaharju, World Scientific, 1994, 93-96.

Tyšler, M. - Tiňová, M. - Turzová, M. - Kneppo, P.: Model study on inverse localization of preexcitation sites. *Japanese Heart Journal*, Vol. 35 (Suppl.1), 1994, 95-96.

Kozmann, Gy. - Cserjés, Zs. - Tyšler, M. - Tiňová, M. - Turzová, M. - Szathmáry, V.: Feasibility of a predictive algorithm for identifying characteristic events of cardiac activation: results of a model study. In: *Computers in Cardiology 1994*, Los Alamitos (California), IEEE Computer Society Press, 1995, 801-804.

Turzová, M. - Tyšler, M.: Model study of the influence of torso inhomogeneities on inverse localization of preexcitation sites. In: *Building Bridges in Electrocardiology*, Proceedings of the XXIIInd Int. Congress on Electrocardiology. Eds. A. van Oosterom, T.F. Ostendorp, G.J.H.Uijen. Nijmegen, University Press, 1995, 186-187.

Tyšler, M. - Turzová, M. - Tiňová, M. - Kneppo, P.: Inverse localization of early ventricular activation using multiple dipole model. *Cardiologia Hungarica* Vol. 24 (Suppl.4), 1995, 8-11.

Tiňová, M. - Huiskamp, G.J. - Turzová, M. - Tyšler, M.: The uniform double layer model and myocardial infarction: forward solution consideration. *Brat Lek Listy*, Vol. 97 (9), 1996, 558-561.

Hatala, R. - Kaltenbrunner, W. - Kozlíková, K. - Tyšler, M. - Nitch, G. - Mroczka, F. - Freihoff, F. - Steinbach, F.: Predictability of difficult catheter ablation of left-sided accessory atrioventricular pathways by means of body surface electrocardiographic mapping. *European Heart Journal*, Vol. 17 (Abstract Supplement), 1996, 283.

Rosík, V. - Tyšler, M. - Turzová, M.: PC-based device for ECG mapping. *Biomedizinische Technik*, Vol. 42 (Ergänzungsband 1), 1997, 159-162.

Tyšler, M. - Turzová, M. - Tiňová, M. - Švehlíková, J.: Accuracy evaluation of non-invasive localization of accessory pathways. *Biomedizinische Technik*, Vol. 42 (Ergänzungsband 1), 1997, 281-284.

Tiňová, M. - Tyšler, M. - Turzová, M. - Švehlíková, J.: Inverse localization of preexcitation sites using "Jumping dipole". In: *Electrocardiology '97*, Proceedings of the XXVth international congress on electrocardiology. Eds.: Bacharova I.,

Macfarlane P.W., Singapore, New Jersey, London, Hong Kong, World Scientific, 1998, 59-62.

Tyšler, M. - Turzová, M. - Tiňová, M. - Kneppo, P.: Noninvasive Localization of cardiac Arrhythmias. *Medical & Biological Engineering & Computing*, Vol. 37 (Supplement 2, Proceedings of the European Medical & Biological Engineering Conference EMBEC'99, Vienna, Austria), 1999, 1630-1631.

Tyšler, M. - Kneppo, P. - Turzová, M. - Švehlíková, J.: Localization of accessory pathway in the heart using body surface potentials. *Automatika, Journal for Control, Measurement, Electronics, Computing and Communication*, Vol. 40 (1-2), 1999, 11-17.

Tyšler, M. - Rosík, V. - Turzová, M.: Practical system for BSP mapping studies. In: *Electrocardiology '98, Proceedings of the XXVth international congress on electrocardiology*. Eds.: Préda I., Singapore, New Jersey, London, Hong Kong, World Scientific, 1999, 81-84.

Tyšler, M. - Turzová, M. - Szathmáry, V.: Projection of local changes of ventricular action potential to surface distribution of activation-recovery intervals. *Biomedizinische Technik*, Vol. 46 (Ergänzungsband 2), 2001, 60-62.

Rášo, R. - Rosík, V. - Tyšler, M.: Multichannel measurement of human intestinal tract electrical activity. In: *Measurement 2001. 3rd International Conference on Measurement*. Bratislava, Institute of Measurement Science, SAS, 2001, 301-304.

Tyšler, M. - Turzová, M. - Švehlíková, J.: Repolarization Changes Displayed in Surface ARI Maps. A Simulation Study. *ICE 2002. International Journal of Bioelectromagnetism*, Vol. 4 (2), 2002, 99-100.

Rosík, V. - Rášo, R. - Tyšler, M.: System For Measurement of Human Stomach Electrical Activity. *2nd European Medical and Biological Engineering Conference EMBEC'02. IFMBE Proceedings*, Vol. 3, 2002, 1480-1481.

Tyšler, M. - Turzová, M. - Szathmáry, V.: Information on Heart Repolarization Changes Obtained from Body Surface ECG Potentials. In: *Health Data in the Information Society, Proceedings of MIE 2002*, Ed.: Surján G., Engelbrecht R., Mc Nair P, 2002, 35-40.

Rosík, V. - Tyšler, M. - Jurko, Š. - Rášo, R. - Turzová, M.: Cardio 7 - Portable System for High Resolution ECG Mapping. In: *Health Data in the Information Society, Proceedings of MIE 2002*, Ed.: Surján G., Engelbrecht R., Mc Nair P, 2002, 41-46.

PRACOVISKO TECHNICKÉHO ZABEZPEČENIA

Vedúci: Ing. Ján Buzási

E-mail: umergita@savba.sk

Internet: www.um.sav.sk

Akademické vzdelanie:

Strojnícka fakulta ČVUT Praha

Zoznam pracovníkov:

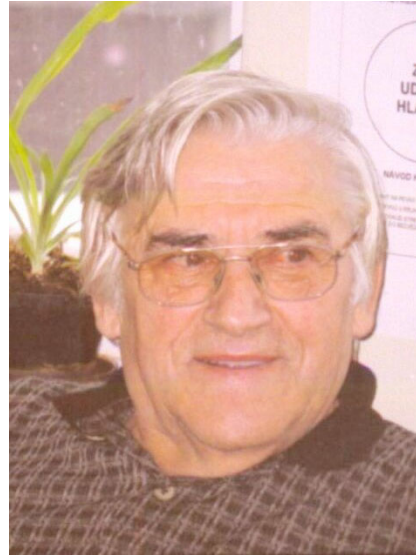
Mária Černáková

Manfred Gurth

Andrej Kulišov (zástupca vedúceho)

Ján Šlesár

Rudolf Tanglmajer



Na realizáciu unikátnych vedeckých prístrojov spolu so vznikom Laboratória meracích prístrojov v r. 1953 boli zriadené dielne, ktoré v skromných podmienkach dokázali dotvoriť a vyrobiť mechanické i optické súčasti meracích prístrojov. Spočiatku boli dislokované v budove terajšieho Úradu SAV a ich časť bola umiestnená v budove Chemického ústavu v areáli SAV a na Gajovej ulici.

Po dokončení stavby ústavu v r. 1965 sa mechanické dielne presťahovali do nových priestorov s novým strojovým vybavením. S tým bol spojený aj nárast počtu pracovníkov (až 25), z ktorých väčšina dosahovala špičkovú úroveň. Dielne pokrývali celý rozsah výroby prístrojov od mechanického obrábania až po povrchovú úpravu. Zúčastnili sa na vývoji všetkých meracích prístrojov, vyvinutých vo vedeckých oddeleniach ústavu.

V priebehu 50 rokov sa medzi najvýznamnejšie realizované prístroje zaraďujú také výrobky ako *prístroje pre biomedicínsky výskum, čerpadlá pre mimotelový obeh krvi, stereotaxické prístroje* a ďalšie. V oblasti prístrojov a zariadení pre kozmický výskum sa vyrobilo niekoľko typov *koronografov*, čím sa dielne zapojili do medzinárodnej spolupráce v programe Interkozmos.

Ďalej bolo vyrobených niekoľko generácií *hydrostatických a pendametrických prístrojov* aj na dodávku do zahraničia.

Medzi unikátne meracie zariadenia a ich súčasti patria *SQUIDY, tomografické systémy* a mechanické časti unikátnych *optických meracích prístrojov* ako napr. *planinterferometer*.

Personálne zloženie dielní sa v priebehu posledného desaťročia značne redukovalo na súčasný stav 5 pracovníkov - špecialistov.

**Menný zoznam pracovníkov ku
dňu 31. 12. 2002**

Andris Peter, Ing. PhD.
Bačiak Ladislav, Mgr.
Badáková Monika
Bajla Ivan, RNDr. Ing. PhD.
Baránek Martin, Ing.
Bartkovjak Jozef, Ing. CSc.
Bartl Ján, RNDr. Ing. CSc.
Belošičová Františka
Bodorová Petra, Ing.
Bratinková Irena
Budinský Ľuboš, Ing. CSc.
Buchta Štefan, prom. chem.
Burdík Karel, RNDr.
Buzási Ján, Ing.
Cigán Alexander, RNDr. CSc.
Černáková Mária
Dandul Ján, Bc.
Farkaš Igor, Dr. Ing.
Frollo Ivan, prof. Ing. DrSc.
Grendár Marian, Mgr. PhD.
Gürth Manfred
Hain Miroslav, RNDr.
Hanic František, doc.Dr.Ing.DrSc.
Havlíková Helena
Horecká Jarmila
Horváth Rudolf
Hrabina Ľubomír
Jacko Vlado, Ing.
Jankovits Tibor
Jánošíková Margita
Jedlička Rudolf
Jelluš Vladimír, Ing. CSc.
Jurča Karol
Jusková Mária, Ing.
Karovič Karol, RNDr. DrSc.
Keppert Miroslav, RNDr.
Kleja Peter, Mgr.
Kolník Štefan
Koňakovský Anton, RNDr. CSc.
Kopčok Michal, Mgr.
Kovačič Štefan
Kozáková Katarína
Krakovská Anna, RNDr. CSc.
Krušínský Dušan, Ing.
Kulišov Andrej
Kuruc Erik, Ing.
Latta Peter, Ing. CSc.
Majerová Melinda, Ing.
Maňka Ján, Ing., CSc.
Martinická Fatima, Mgr.
Matejová Miroslava

Nagyová Eva
Nič Dušan
Ondrejko Peter
Ondriš Ľubomír, Ing. CSc.
Osuská Emília
Plačková Anna, RNDr.
Prvoničová Anna
Rosík Vladimír, Ing.
Rosipal Roman, Ing. PhD.
Rublík František, doc. RNDr. CSc.
Rusina Viktor, Ing.
Savin Alexander, Mgr.
Senaj Viliam, RNDr. CSc.
Slamová Mária
Straško Branislav, Ing.
Strolka Igor, Ing.
Szomolányi Pavol, Dr. Ing.
Šimáček Ivan, Ing. CSc.
Šlesár Ján
Švehlíková Jana, Ing.
Tanglmajer Rudolf
Teplan Michal, Mgr.
Tiňová Mária, Ing. PhD.
Trutz Marián
Turzová Marie, Ing.
Tyšler Milan, Ing. CSc.
Urban Anton, Ing.
Volaufová Júlia, doc.RNDr.CSc.
Weis Ján, Ing. CSc.
Witkovský Viktor, RNDr. CSc.
Zálešáková Anna
Zeger Karol
Zrubec Vladimír, Ing. DrSc.
Ždiňák Jaroslav, Ing.

**Pracovníci, ktorí pracovali na
ÚM SAV v minulých rokoch**

Adámek Adrián
Ambro Ján
Babirád Ján, Ing.
Babitzová Viera
Bačová Helena
Balla Jozef, Ing.
Banič Branislav, Ing.
Bartók Karol, Ing.
Bartoš Juraj, doc.Ing.CSc.
Baumgartner Richard, Ing.
Bednár Jozef, Ing.
Bednárová Mária, PhD.
Bielik Jozef
Biskupič František
Blaško Peter

Bognárová Marta, RNDr.
Boháček Eduard
Bolf Juraj, RNDr. Ing. CSc.
Breck Ferdinand
Breck Ľudovít
Brichtová Božena
Brilla Ján
Bučič Štefan
Buchtel Karol
Burian Dušan
Burian Milan, Ing.
Buzgovič Karol
Bystričanová Klára
Cagaň Milan
Cehlárik Jozef
Cocher Alfonz, Ing.
Čergeľ Ľubomír, Ing. PhD. Dr.h.c.
Černák František
Čerňanský Peter, RNDr. CSc.
Černý Július, Ing. CSc.
Čičatková Lívia, PhD.
Čičelová Helena
Čieško Ján, Ing. CSc.
Dekanová Dana
Dömötör Zoltán, prof. Ing. PhD.
Drahošová Katarína
Drgoncová Vlasta
Dřimal Ján
Dubnička Štefan, RNDr. CSc.
Dvonč Ladislav
Dvurečenskij Anatolij, RNDr.
prof.DrSc.
Eckhardt Jozef
Ečedy Ladislav
Eliáš Juraj, Ing. CSc.
Ertlová Jana, RNDr.
Fajnor Štefan, Ing.
Farnbauer Gabriel, Ing.
Felix Jozef prof.Ing.CSc.
Fillo Štefan
Florián Martin, Ing. CSc.
Frýbertová Alena
Gálik Marián
Gašparovič Ľudovít
Gašparovičová Rosemarie,
prom.fyz.
Gauzer Emil
Godányi Peter
Grék Ľubomír
Grígel Jozef
Grolmusová Miroslava
Guštafík Ján
Hajda Jaromír, RNDr.CSc.
Hajko Dušan

Halada Ladislav, doc.RNDr.PhD
 Halmo Milan
 Hatina Teodor, Ing.
 Herchel Alojz
 Herzan Miroslav, Ing.
 Hlavatý Vladislav
 Hnátová Mária
 Holländer Igor, Ing. CSc.
 Horinková Oľga
 Horná Jana, RNDr.
 Hornák Igor, Ing. CSc.
 Horváth Michal, Ing. CSc.
 Hoss Andrej, RNDr.
 Hraško Dušan, Ing.
 Hric Juraj
 Hrušovský Jozef
 Hudecová Dagmar
 Hudek Vladimír, Ing. CSc.
 Huječek Oliver, Ing.
 Hulejová Anna, Ing.
 Huťa Anton, prof.RNDr.CSc.
 Hvizdová Terézia
 Chmela Anton
 Chmela Ľudovít
 Chudý Lucius, prom.fyz. CSc.
 Ivančík Vladimír, Ing.
 Jančulová Helena
 Janglová Danica, Ing. CSc.
 Jankovič Peter
 Januš Miroslav
 Javorka Jozef
 Ješko Milan
 Juranka Jozef, Ing.
 Jurík Štefan, Ing. CSc.
 Jurko Štefan, Ing.
 Kaclicková Iveta, Ing.
 Kacvinská Elena, RNDr.
 Kadúch František, Ing.
 Karaba Vladimír, Ing.
 Karovičová Margarita, Ing.
 Kaššáková Helena
 Kesler
 Kimličková Marta
 Kincel Peter, RNDr.
 Kisoová Edita
 Kisoová Etela
 Klas Rudolf, Ing.
 Klíma Jozef
 Klinovský Dárius, Ing. CSc.
 Klobucká Eva
 Klobucká Mária
 Kneppo Ľudovít, akademik
 Kneppo Peter prof., Ing. DrSc.
 Kocka, Jozef, Ing.
 Komada Stanislav, RNDr.
 Königstein Pavol, Ing.
 Korčáková Jaroslava, p.m.
 Koska Miloš, Ing.
 Köszeghi Jozef
 Košík Eduard, Ing.
 Košová Emília
 Kovalovská Katarína
 Krajčíriková Veronika
 Krajčovičová Edita
 Krajčovič Igor, Ing.
 Krajčovič Gregor, Mgr.
 Krajčovič Zdeno
 Krakovský Pavol, Ing.
 Krasulová Mária
 Kričfaluši Michal, Ing.
 Krížik Miroslav, Ing.
 Kubáček Lubomír,
 prof.Ing.RNDr.DrSc.
 Kubiniová Jana, Ing.
 Kubošek Pavol, RNDr. CSc.
 Kudela Zdenko
 Kudeláš Jaromír, RNDr.
 Kudelová Magda
 Kukuča Ján, Ing. DrSc.
 Kuruc Andrej, Ing.
 Kužma Erich, Ing.
 Kužmová Janka, RNDr.
 Lacanič Peter, Ing.
 Lančaričová Ľubica
 Landlová Ružena
 Lantay Andrej, Ing. CSc.
 Lengyel Oliver
 Lengyelová Adriana
 Lelovský Julián, Ing.
 Levický František
 Liegler Jaroslav
 Lopašovský Juraj
 Lošák Dušan
 Luhová Oľga
 Lukáč Imrich
 Lukáč Martin, Mgr.
 Lukačovičová Marianna
 Luknár Bohumil
 Lukovičová Jozefa doc. Ing. CSc.
 Maco Michal, RNDr. CSc.
 Madel Pavol, Ing.
 Mach Ivan
 Machatová Anna
 Málek Mojmir, Ing.
 Malík Milan
 Mankovický Štefan, Ing.
 Marcinekova Nadežda
 Marčák Peter, Ing. CSc.
 Marek Aloz, Ing.
 Markoš Peter, RNDr. CSc.
 Markošová Mária, RNDr. CSc.
 Martišovitsová Marta, RNDr. CSc.
 Marušiak Miloš, Ing.
 Marušiaková Magdaléna
 Masarovič Milan
 Matej Samuel, Ing. CSc.
 Mates Gustáv
 Matovský František
 Matula Miroslav
 Mauerová Pavla, Ing.
 Melicher Ján
 Mihalíková Eva, PhDr.
 Michalík Vladimír, Ing. CSc.
 Miklík Karol
 Mikula Peter
 Mikušková Mária, Ing.
 Minarovič Ján
 Minarovjech Milan, Ing. CSc.
 Minich Michal, Ing.
 Mišíková Ivica, prom.mat.
 Mítka Miroslav
 Moravský Ján
 Mrázková Irena
 Musil Peter, Ing.
 Mušuta Vladimír
 Nánásiová Oľga, RNDr.
 Nečas Jaromír, Ing.
 Nemcová Iveta, prom.mat.
 Nemeč Ján, Ing.
 Nemeč Rudolf
 Némethová Mariana, p.f.
 Nerádová Eva
 Nosko Lubomír
 Nyársik Ľudovít, RNDr. CSc.
 Obrcian Jaroslav, Ing.
 Orgoň Jaroslav
 Ondrejkočičová Mária
 Orešanský Jozef
 Orolín Ján
 Pacltová Viera
 Páleník Ladislav, Ing.
 Pápež Stanislav, Ing.
 Pavlík Juraj
 Pavlová Ľubov, Ing.
 Pázman Andrej, prof.RNDr.DrSc.
 Pažourek Dušan
 Pažourek Ľuboš
 Pecha Václav
 Peck Eugen
 Petráš Pavol
 Petrová Margita
 Pietrzyk Boris, Ing.

Pilka Kamil, Ing.
Pisár Anton, Ing.
Piš Pavol, doc. Ing. CSc.
Píšová Daniela
Plecenik Andrej doc. RNDr.DrSc.
Plevčík František
Plhoňová Elena
Pocisk René
Podhorská Mária
Podolec Anton, prom.fyz.CSc.
Poliačik Ivan, RNDr.
Poncová Vlasta
Prejšová Eva, Ing.
Priam Štefan, Dr.Ing.CSc.
Prokeš Gustáv, Ing.
Prokeš Jozef, RNDr.CSc.
Pulmannová Sylvia, RNDr. DrSc.
Rabenseifer Valér, Ing. CSc.
Radová Ľubica
Rajtáková Oľga
Ralbovský Peter, Ing. CSc.
Rášo Róbert, Ing.
Reviliaková Andrea
Richter Ervín, Ing.
Ritomský Marián, RNDr.
Salay Alojz
Savko Jozef, Ing.
Schauer Peter
Scheer Peter, Ing.
Schmidt Henrich, Dr.
Schmidt Tibor
Sedlák Blažej
Sedláková Jozefa
Sedliak Július, Ing.CSc.
Serejová Dana, prom.mat.
Schügerl Alexander
Sihocký Ladislav, Ing.
Skákala Marián, Ing.
Skrúčaný Rudolf, Ing.
Slobodová Anna, RNDr.Ing.CSc.
Staríček Imrich, RNDr.CSc.
Stein Juraj, Ing. CSc.
Sudek Ján, Ing.
Suja Juraj, Ing.
Svitková Stella, Ing.
Svitok Peter, Ing.
Sýkorová Renáta
Syrový Jozef
Szalay Alexander, Ing.
Szarvaš Pavol
Szurdi Stefan, Ing.
Šalát Marian, RNDr.
Šaradinová Ľudmila
Ščipa Vladimír, Ing.

Ščipová Gabriela, Ing.
Ševčík Milan, Ing. CSc.
Šišolák Jozef
Škrovanová Helena
Škultétyová Emília
Škvarček Ľubomír, Ing.
Šlepecká Lýdia
Šrámek Miloš, Ing. PhD.
Šramko Ľudovít, Ing.
Šteffek Marián
Štofková Júlia
Štulajter František, doc. RNDr.
DrSc.
Štulajterová Viera, prom. fyz.
Štuller Gabriel, Ing. CSc.
Štúr Miloš, Dr.
Šujan Štefan, RNDr.CSc.
Takáč Ladislav
Tekel' Pavol, Ing. CSc.
Thoma Karol
Tischler Ján, Ing. CSc.
Toman Ondrej, Ing.
Tomáš Martin
Tóthová Lea, Ing.
Trančík Michal, Ing.
Trenčina Jaromír, Ing.
Treuer Ferdinand
Trnovec Martin, Ing.
Turiničová Mária
Uberal Pavol, JUDr.
Urbánková Gabriela, RNDr.
Vadovič Rastislav, Ing. CSc.
Vajsábelová Katarína
Vaníček Augustín
Vanková Milka
Valentíková Marianna
Valentová Emília
Valko Branislav, Ing.
Vaško Jozef, Ing.
Verbók František
Viceník Klaudius, Ing. CSc.
Viktorín Konštantín, Ing. CSc.
Viktorínová Božena,
prom.mat.CSc.
Vincze Attila, Ing.
Vlachová Dorota, PhD.
Volčko Dušan, RNDr.
Vrabček Peter, Ing. CSc.
Vrábelová Mária
Vykouk Bohuslav, Ing. CSc.
Wilfling Ján
Wimmer Gejza, prof.RNDr.DrSc.
Zachar Ján, Ing.
Zelinka Ján, Ing.

Zimová Viera
Zoltán Ondrej, Ing.
Zoňová Libuša
Zorbach Ralf, Ing.
Zuzčák Igor, doc. RNDr. CSc.
Žáková Alžbeta
Žembery Peter, Ing.
Žitňanská Mária, PhD.
Žižlavský Miroslav, Ing.
Žužicová Terézia

Vývojové dielne

Arpáš Oliver, Ing.
Bernát Ján, Ing.
Bratinka Ľudovít
Cziko Gabriel, Ing.
Černá Zdenka, Ing.
Duong van Tuan
Fandel Peter, Ing.
Foltánová Eva
Guťanová Margita
Gablovská Klára, Ing.
Gažo Dušan
Hruškovič Vladimír, Ing.
Hudec Vladimír, Ing. CSc.
Ivančajová Marta
Javorský Eduard, Ing.
Jajcai Ladislav
Jesenský Ján, Ing.
Kaliarik Rudolf, Ing.
Kojda Peter, Ing.
Kovács Vladimír
Krajčí Juraj, Ing.
Kravárik Dalibor
Kriško Karol
Lajda Boris
Lišaník Miroslav
Matej Ľudovít, Ing.
Mydliarik Marek, Ing.
Palka Pavol, Ing.
Paľová Helena
Pijak Michal, Ing.
Pravda Jozef
Sedlák Ľudovít, Ing.
Šimková Helena
Tačovský Juraj
Škrabal Rudolf, Ing.
Urban Miroslav, Ing.
Urgoš Miloš, Ing.
Veľký Peter, Ing.
Varga Juraj, Ing.

OBSAH

Úvodná stránka	1
Organizačná štruktúra Ústavu merania SAV	2
Krátka história ústavu	3
Riaditelia ústavu	4
Historický vývoj pracoviska od jeho založenia	5
Tematické zameranie vedeckovýskumnej činnosti ústavu v oblasti merania	10
Výsledky vedeckovýskumnej činnosti ústavu v oblasti experimentálnych metód do roku 1990	10
Unikátne prístroje na fyzikálne a technické merania	10
Unikátne prístroje na biologické a fyziologické merania	14
Výsledky vedeckovýskumnej činnosti v oblasti teórie merania (1953-1986)	19
Najvýznamnejšie výsledky rokov 1987-90	22
Výchova vedeckých pracovníkov	24
Výsledky medzinárodnej spolupráce	24
Konferencie	26
Publikačná aktivita	32
Patentová aktivita	32
Medzinárodná spolupráca	33
ODDELENIE OPTOELEKTRONICKÝCH MERACÍCH METÓD	35
ODDELENIE MAGNETOMETRIE	49
ODDELENIE TEORETICKÝCH METÓD	60
ODDELENIE ZOBRAZOVACÍCH METÓD	75
ODDELENIE BIOMERANÍ	90
PRACOVISKO TECHNICKÉHO ZABEZPEČENIA	105
Menný zoznam pracovníkov	106

Prezentovali sme svoju 50 ročnú históriu z dostupných materiálov a zo svojich spomienok, bez nárokov na úplnú presnosť.

Sme hrdí na to, čo sme urobili a trochu smutní z toho, že sme mohli urobiť aj viac. Budúcnosť ústavu je však pred nami. Vieme, že táto budúcnosť závisí predovšetkým od nás. Sme presvedčení, že budúce generácie Ústavu merania SAV prinesú veľa kvalitných vedeckých výsledkov v odbore, ktorý sme tu desaťročia pestovali:

veda o meraní.

Editori ďakujú všetkým, ktorí prispeli do tohoto zborníka.

Editori: I. Frollo, V. Witkovský

Technická spolupráca: M. Slamová, P. Andris, K. Kozáková, J. Maňka

**Vydáva: Ústav merania SAV
Dúbravská 9, 841 04 Bratislava**

Tlačiareň: VEDA, Vydavateľstvo SAV Bratislava

**ISBN 80-967402 -7 - X
EAN 9788096740277**

Copyright © 2003 Ústav merania SAV



SLOVENSKÁ AKADÉMIA VIED
SLOVAK ACADEMY OF SCIENCES

ÚSTAV MERANIA
INSTITUTE OF MEASUREMENT SCIENCE



ISBN 80-967402 -7 - X

