

## ČLOVEK ZDROJ INFORMÁCIÍ PRE ZDRAVOTNÍCKU STAROSTLIVOSŤ

**Človek sa stáva  
OBJEKTOM ZDRAVOTNÍCKEJ STAROSTLIVOSTI  
spravidla ešte pred narodením a od vtedy až do svojej smrti je  
POTENCIÁLNYM PRODUCENTOM RELEVANTNÝCH INFORMÁCIÍ PRE ZDRAVOTNÍCTVO  
(nezriedka ešte aj po úmrtí)**

Zdravotnícky relevantné informácie generujú zdraví aj chorí jedinci potenciálne vo väzbách na svoje životné, kultúrne, sociálne a pracovné prostredie.

**Zdravotnícke informácie možno kategorizovať podľa viacerých hľadísk, napr. podľa príčin a zdrojov ich vzniku, poslania a uplatňovania, spôsobov a metód získavania, vlastností, spoľahlivosti, expresivity (špecifity výpovednej sily).**

**Zdrojom aj zameraním informácií môže byť**

- **jedinec**, jeho zdatnosť a odolnosť, jeho prebiehajúca choroba či chronická chorobnosť aj vo väzbe na životné a pracovné prostredie, životný štýl a návyky  
alebo
- **populácia**, jej demografické, sociálne, kultúrne ukazovatele tvoriace kontext pre epidemiologické informácie o zdravotnom stave jednotlivých štruktúr populácie - výskyt a prírastky rôznych druhov ochorení v populácii, natalita, mortalita, migrácia vo väzbách na ukazovatele stavu hygieny životného prostredia (napr. stav ovzdušia, vody, pôdy, radiácie, potravinového reťazca, pracovného prostredia).

## INFORMÁCIE SÚVISIACE S

### ➤ **organizačno-materiálovým zabezpečovaním zdravotníckych činností**

◆ **hospodárske a finančné ukazovatele** (nákladovosť, využitie, výkony, výkonnosť poskytovateľov zdravotníckej starostlivosti),

◆ **technologické, materiálové, kapacitné a priestorové fondy, potreba, spotreba, rozvrhovanie a kontrola zdrojov** (personál – jeho kvantitatívne a kvalifikačné charakteristiky, materiál, finančné, technické a priestorové prostriedky),

◆ **organizácia, monitorovanie a riadenie výkonov**, ich zabezpečovanie a plánovanie, analýza potreby a možností zdokonaľovania organizačných väzieb a pracovných tokov riadenej štruktúry, interpretovanie vývojových trendov zariadení poskytovateľov zdravotníckej starostlivosti vo väzbách na prostredie ich pôsobenia (napr. štruktúra výkonov, lôžkový fond, technické prostriedky, štruktúra/kvantita spotrieb)

### ➤ **štruktúrovanou agregáciou zdravotníckych ukazovateľov** (zdravotnícka štatistika) pre

◆ interpretáciu zdravotných, zdravotníckych a súvisiacich ukazovateľov, vrátane trendov ich zmien, operatívne riadenie zdravotníctva vo vzťahu k územnému a demografickému členeniu obyvateľstva,

◆ potreby štátnej správy, samosprávy, zdravotníckych poisťovní

◆ medzinárodnú výmenu informácií, sledovanie, vyhodnocovanie.

## INFORMÁCIE SÚVISIACE S PODPOROU A SKVALITŇOVANÍM ČINNOSTÍ VÝKONNÝCH ZDRAVOTNÍCKYCH ZARIADENÍ A ZDRAVOTNÍCKYCH INŠTITÚCIÍ

- pružné ("inteligentné") protokoly zdravotnej starostlivosti,
- štruktúrované chorobopisy a zdravotné záznamy,
- tvorba a modifikovanie klinického obrazu ochorenia, kontrola úplnosti a neprotirečivosti obsahu zdravotných záznamov,
- diagnosticko-terapeutická interpretácia zdravotných záznamov a uplatňovanie rôznych metód rozhodovania o optimálnych variantoch terapie, ošetrovateľských postupoch a monitorovania ich účinkov,
- rozhodovanie v riadiacich procesoch vo vzťahu k organizačným zložkám zdravotníctva ako aj k mimorezortným inštitúciám priamo či sprostredkovane zodpovedným za zdravie obyvateľstva,
- uplatňované ako zabezpečujúci a pracovný prostriedok vedy, výskumu, vývoja, výučby a standardizácie v oblasti medicíny a zdravotníctva.

## ZDROJE INFORMÁCIÍ VZŤAHUJÚCICH SA K JEDINCOVI

- **štruktúrované výpovede osoby, resp. jeho sprievodcu – anamnéza**; tvorí záznam skutočností a okolností, ktoré predchádzali ochoreniu alebo s ním môžu súvisieť; je to štruktúrovaný záznam v nasledujúcom členení: **terajšie ochorenie**, **osobná anamnéza** (prekonané ochorenia), **rodinná anamnéza**, **pracovná anamnéza**,
- **vyšetrenia a pozorovania jedinca lekárom** (či iným kvalifikovaným zdravotníckym pracovníkom) – tvoriace **záznam o objektívnom vyšetrení**; má nasledujúcu štruktúru: **obhliadka-inšpekcia/aspexia** (t.j. vizuálne [aj čuchové] vnemy), **prehmatanie-palpácia** (hmatom získané informácie), **poklep-perkusia** (indukované akustické vnemy) a **posluch-auskultácia** (spontánne produkované akustické informácie),
- **prístrojové vyšetrenie jedinca** (snímanie biosignálov rôznej fyzikálnej podstaty, snímanie obrazových informácií spočívajúce na rôznych fyzikálnych princípoch a postupoch) **a látok z jeho tela** (morfológické, histologické, mikrobiologické, biologické, biochemické, hematologické vyšetrenia telesných materiálov),
- off-line a on-line **sledovanie stavu pacienta** (peroperačné a intenzívne monitorovanie pacientov),
- priebežné záznamy stavu pacienta, záznamy výsledkov vyšetrení, ordinácie rôznych terapeutických, ošetrovacích a vyšetrovacích úkonov, ako aj priebežnej starostlivosti o hospitalizovaného pacienta – **dekurz a epikríza**,
- **prepúšťacia správa** – súhrn rozhodujúcich informácií od prijatia po prepustenie pacienta vrátane odporúčaní pre posthospitalizačnú zdravotnú starostlivosť.
- **zdravotný záznam (karta); [elektronický [osobný]] zdravotný záznam**

**BIOSIGNÁL**  
**NOSIČ INFORMÁCIÍ O POZOROVANOM/VYŠETROVANOM BIOLOGICKOM SYSTÉME**

Extrakcia jeho informačnej zložky vyžaduje predspracovanie – odstránenie (minimalizovanie) neužitočných zložiek signálu: šumy a produkty interferencie z iných zdrojov než toho, ktorý je predmetom sledovania.

**Druhy biosignálov podľa ich fyzikálnej podstaty:**  
**elektrické, impedančné, magnetické, mechanické, akustické, optické, biochemické**

## BIOELEKTRICKÉ SIGNÁLY

- **Vznik:** Procesy excitácie (vzrušenia) bunkových membrán nervových a svalových buniek generujúcich akčné potenciály.
- **Snímanie:** Elektrický fenomén (potenciál) generovaný veľkým množstvom buniek sa sníma relatívne jednoduchými (povrchovými) elektródami, snímačmi a prevodníkmi. Prevodníky zabezpečujú prevod signálu tvoreného prúdom ionov v biologickom materiáli na prúd elektrónov pretekajúcom vo vodičoch meracích zariadení. Elektrické polia sa dobre šíria biologickým prostredím a preto sa bioelektrické signály dajú relatívne pohodlne snímať na vhodných miestach povrchu – eliminujú sa tým invazívne metódy meraní.
- **Význam:** Najdôležitejšie biosystémy sú zložené z excitovateľných buniek a ich správanie/funkcie sú sprevádzané bioelektrickými signálmi. Ich charakteristiky umožňujú skúmať, monitorovať, vyhodnocovať ich stavy a funkcie. Patria medzi najdôležitejšie spomedzi biosignálov.

## BIOIMPEDANČNÉ SIGNÁLY

- **Vznik a snímanie:** Impedančný signál tkaniva sa generuje tým, že na jednom jeho mieste sa striedavým sínusovým prúdom o frekvencii 50 kHz až 1 MHz a intenzity 20  $\mu$ A až 20 mA indukuje prúd, na inom mieste povrchu skúmaného tkaniva sa inými elektródami sníma napätie generované prúdom a impedancia tkaniva.
- **Význam:** Impedancia tkaniva je závislá na zložení tkaniva, objeme a distribúcie krvi v ňom, endokrinných, resp. neurónových aktivít v ňom a množstava iných – tým je nositeľom významných informácií.

## BIOMAGNETICKÉ SIGNÁLY

- **Vznik:** Rôzne orgány tela (mozog, srdce, pľúca) ako dôsledok elektrických fenoménov produkujú veľmi slabé magnetické polia. Veľmi nízka intenzita magnetického poľa spôsobuje veľmi nepriaznivý pomer signálu k šumu ⇒ dôsledok: výpovedná schopnosť signálu je veľmi nízka.
- **Význam:** Signály poskytujú informácie, ktoré iné – bioelektrické – signály neobsahujú.

## BIOMECHANICKÉ SIGNÁLY

- **Vznik:** Sú to mechanické prejavy biologických systémov: pohyby, výchylky, tlakové, napät'ové, objemové a prietokové zmeny.
- **Snímanie:** Mechanické a elektromechanické snímače a prevodníky, napr. membránky, piezokryštály, kvapalinové tlakomery, ultrazvuk. Mechanické rozruchy sa nešíria tkanivom ako elektrické, magnetické alebo akustické signály, preto ich meranie zvyčajne vyžaduje veľmi presnú lokalizáciu snímača, dokonca aj uplatňovanie invazívnych metód.
- **Význam:** Poskytujú množstvo veľmi špecifických a významných informácií na identifikovanie stavu a funkcií skúmaného systému.

## BIOAKUSTICKÉ SIGNÁLY

- **Vznik:** Mnohé fyziologické javy generujú zvuk. Prietok krvi srdcom, jeho chlopňami, cez cievy, alebo prietok dychacích plynov cez horné aj dolné priedušky a cez pľúcny priestor vytvárajú generujú typické akustické fenomény (napr. srdcové ozvy, sípanie, piskoty, vrzgoty v hrudníku/ pľúcach, kašeľ), alebo ovplyvňujú rezonančný priestor pre indukované zvuky (napr. poklop hrudníka, brucha). Zvuky sú generované aj tráviacim traktom, pohybom kĺbov, dokonca aj kontrakciou svalov.
- **Snímanie:** Akustická energia sa šíri biologickým prostredím čo umožňuje snímanie akustických signálov vhodnými snímačmi (mikrofóny, akcelerometre) na povrchu tela.
- **Význam:** Meranie zvukov poskytuje relevantné a špecifické informácie o jave, ktorý ho generuje.

## BIOOPTICKÉ SIGNÁLY

- **Vznik:** Sú dôsledkom spontánnych alebo (meraním) vyvolaných optických prejavov biologického systému. Napr. koncentrácia kyslíka v krvi ovplyvňuje jej farbu (jasnosť červenej), prietok krvi kožou ovplyvňuje jej zafarbenie, alebo fluorescenčné charakteristiky plodovej tekutiny reflektujú stav plodu.
- **Snímanie:** Meranie priepustnosti alebo odrazu svetla rôznej vlnovej dĺžky tkanivom. Napr. oxymeter na ušnom laloku sníma "červenosť" pretekajúcej krvi a tým obsah kyslíka v nej. Odhad objemu vyvrhutej krvi pri systole (rázový objem) sa dá merať na základe snímania kontrastu (množstva) recirkulovaného farbiva jednorazovo injikovaného do krvného riečišťa. Technológia RTG prežiarenia a endoskopických vyšetrení sprostredkovaných optickými vláknami poskytuje množstvo príležitostí na snímanie biooptických signálov. Aj vzorky tkanív a látok z organizmu sú možným zdrojom optických off-line snímaných signálov produkujúcich rôznymi technológiami obrazové informácie biologických systémov.
- **Význam:** Jedno- a viacrozmerné optické signály patria medzi veľmi dôležité zdroje významných špecifických informácií o stave a funkciách skúmaných systémov.



## BIOCHEMICKÉ SIGNÁLY

- **Vznik:** Sú produktom chemických meraní v živých tkanivách alebo z ich vzoriek analyzovaných v špecifických (biochemických, hematologických, mikrobiologických, histologických, likvorologických) laboratóriách. Teplota tkanív ako prejav prebiehajúcich biochemických procesov sa môže zaradiť tiež medzi signály tejto kategórie.
- **Snímanie:** Uplatňujú sa rôzne druhy snímačov a prevodníkov. Napríklad meranie koncentrácie rôznych iónov vo vnútri a v okolí buniek sa uskutočňuje prostredníctvom špecifických elektród. Parciálne tlaky kyslíka ( $pO_2$ ) a kysličníka uhličitého ( $pCO_2$ ) v krvi alebo respiračnom systéme sú inými príkladmi. Teplota organizmu/tkaniva sa meria jednak klasickými (avšak typovo odlišnými) teplomermi ako aj elektrickými snímačmi teploty (napr. termistormi). Biochemické signály sú buď DC alebo ich premenlivosť (frekvencia) je veľmi nízka.
- **Význam:** Signály sú relevantné aj keď viaceré z nich sú nešpecifické.

## BIOSIGNÁLY - OBEHOVÝ SYSTÉM

Fyziologický parameter	Druh nerania	Snímacie zariadenie	Typické fyzikálne hodnoty	Základná frekvencia [Hz]	Frekvenčné spektrum [Hz]
Elektrické potenciály srdca	elektrokardiogram	končatinové a hrudné elektródy ■ srdcové elektródy	1-10 mV 50 mV	1.3	0.05 - 100
	vektorkardiogram	ortogonálne elektródy	1-10 mV	1.3	0.05 – 100
	fetálny elektrokardiogram	povrchové elektródy (matka)	10 $\mu$ V	2.5	2 - 100
Krvný tlak	priame meranie arteriálneho tlaku v brachiálnej alebo femorálnej arterii	tlakový snímač ■ ortuťový manometer	120 mmHg	1.3	DC - 20
	priame meranie venózneho tlaku	tlakový snímač ■ vodný manometer	9 mmHg 12 cmH <sub>2</sub> O	1.3	DC - 20
	nepriame meranie arteriálneho tlaku	sfygmomanometer (ortuťový ■ piezoelektrický) s mikrofónom pre Korotkovov efekt	120/80 mmHg 150 mV	1.3	DC – 20 30 - 500
	relatívny arteriálny tlak	pletyzmograf (zmena objemu) ■ impedančný pletyzmograf	$\Delta p$ 0.1%	1.3	0.05 - 10

### BIOSIGNÁLY - *OBEHOVÝ SYSTÉM*\_(pokr.)

<b>Fyziologický parameter</b>	<b>Druh nerania</b>	<b>Snímacie zariadenie</b>	<b>Typické fyzikálne hodnoty</b>	<b>Základná frekvencia [Hz]</b>	<b>Frekvenčné spektrum [Hz]</b>
Krvný prietok (a jeho rýchlosť)	periférny prietok	elektromagnetický ■ ultrazvukový ■ izotermický prietokomer	1000 cc/min	1.3	DC - 50
	rázový objem	aortálny prietokomer ■ arteriografia	5000 cc/min	1.3	DC - 50
Krvný objem	krvný objem	angiografia	5500 cc	-	-
Funkcia mitrálnej chlopne	sonografia	metóda T-M (time-motion) sonografie	16 cm/s	1.3	DC - 50

### BIOSIGNÁLY - *FUNKCIE MOZGU*

<b>Fyziologický parameter</b>	<b>Druh nerania</b>	<b>Snímacie zariadenie</b>	<b>Typické fyzikálne hodnoty</b>	<b>Základná frekvencia [Hz]</b>	<b>Frekvenčné spektrum [Hz]</b>
Elektrické aktivity mozgu	elektroencefalogram	povrchové ■ vnútrolebečné elektródy	50 $\mu$ V 500 $\mu$ V	10	0.5 - 100
Evokované potenciály	intra- ■ extracelulárne potenciály	mikroelektródy ihlové elektródy	100 mV 50 $\mu$ V	10	1 - 10000 1 - 1000
Očné odozvy	elektroretinogram	elektródy v kontaktnej šošovke	100 $\mu$ V	10	0.5 - 20

## BIOSIGNÁLY – SVALOVÉ FUNKCIE

<b>Fyziologický parameter</b>	<b>Druh nerania</b>	<b>Snímacie zariadenie</b>	<b>Typické fyzikálne hodnoty</b>	<b>Základná frekvencia [Hz]</b>	<b>Frekvenčné spektrum [Hz]</b>
Reaktivita svalov	S-D (strength-duration) závislosť	stimulovanie povrchovými elektródami			
Svalová sila	myogram	ihlové ■ povrchové elektródy	300 $\mu$ V na sťah	0.5	DC – 50
Svalové potenciály	elektromyogram	ihlové ■ povrchové elektródy	1 mV	0.5	10 - 5000
	elektromyogram so stimuláciou	ihlové ■ povrchové elektródy, stimulácia povrch. elektródami	1 mV	0.5	10 - 5000
Vodivosť nervov	H (Hofmanov) reflex	elektromyograf so sníženou stimuláciou			
Aktivita hladkých svalov	rýchlosť vedenia	elektromyograf			
	elektrogastrogram	povrchové elektródy	20 mV	0.25	0.05 - 2

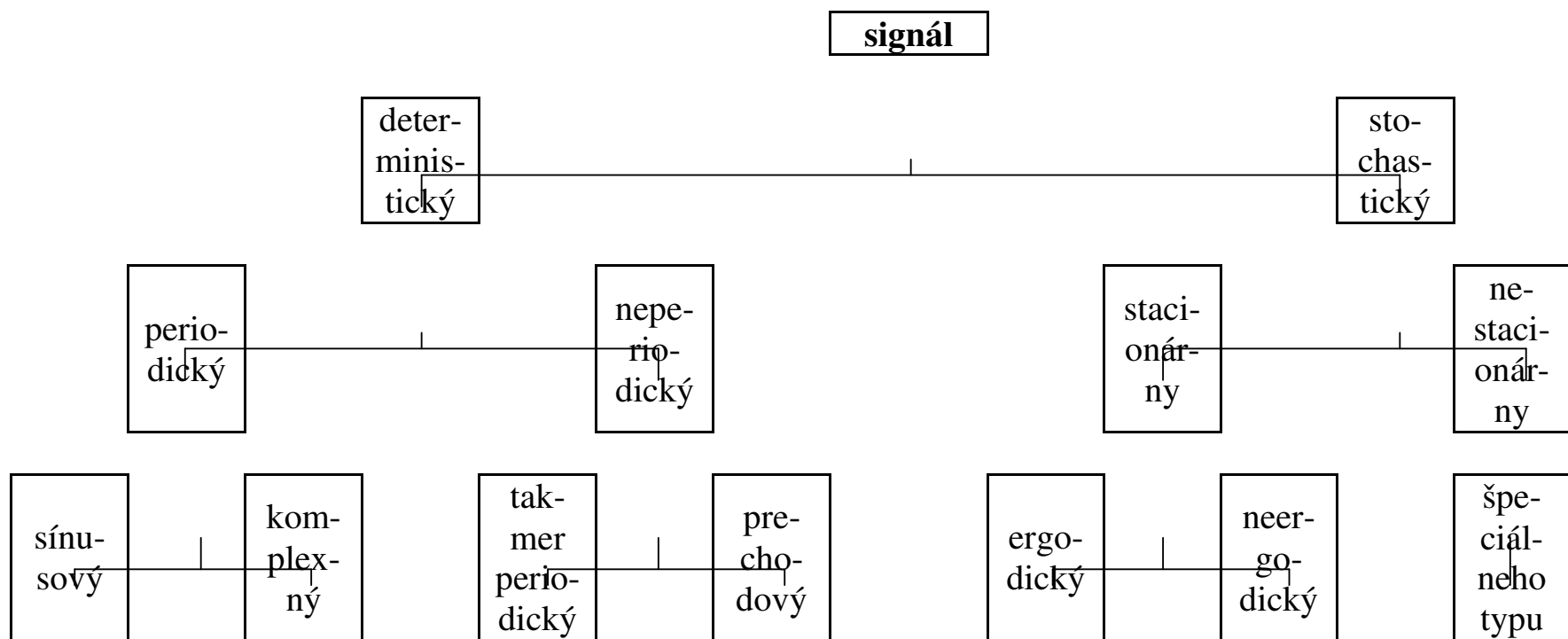
### **BIOSIGNÁLY - RESPIRAČNÝ SYSTÉM**

<b>Fyziologický parameter</b>	<b>Druh nerania</b>	<b>Snímacie zariadenie</b>	<b>Typické fyzikálne hodnoty</b>	<b>Základná frekvencia [Hz]</b>	<b>Frekvenčné spektrum [Hz]</b>
Dýchanie	pneumogram	termistorový ■ impedančný pneumograf	500 cc/výdych	0.25	0.05 – 2 DC - 2
		snímač elasticity	500 cc/výdych	0.25	DC - 2
Respiračný prietok	pneumotachogram	pneumotachograf s tlakovým prevodníkom	20 000 cc/min	0.25	DC - 2
Respiračný objem	spirogram	spirometer	4000 cc	0.25	DC – 0.5

### **BIOSIGNÁLY - AUTONÓMNY NERVOVÝ SYSTÉM**

<b>Fyziologický parameter</b>	<b>Druh nerania</b>	<b>Snímacie zariadenie</b>	<b>Typické fyzikálne hodnoty</b>	<b>Základná frekvencia [Hz]</b>	<b>Frekvenčné spektrum [Hz]</b>
Aktivita potných žliaz	galvanický kožný reflex ■ elektrický odpor kože	povrchové elektródy	50 k $\Omega$		
		snímač elasticity	500 cc/výdych	0.25	DC - 2
Telesná teplota	teplota	termistorový teplomer	36.1 – 36.9 °C		

## KLASIFIKÁCIA BIOSIGNÁLOV



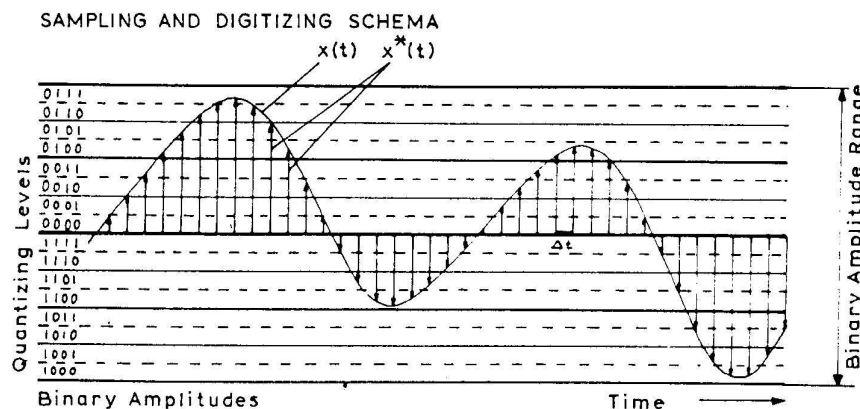
Spojitém signálom zodpovedajú (po častiach) spojité funkcie  $s(t)$ . Tie umožňujú určiť hodnotu signálu pre ľubovoľný časový okamih. Diskrétné signály sú opisované postupnosťou  $s(m)$  umožňujúcou určiť hodnotu signálu iba pre diskrétné časové okamihy.

Súčasn $\acute{e}$  technol $\acute{o}$ gie, vr $\acute{a}$ tane informačných, poskytujú výkonné prostriedky sprac $\acute{u}$ vania diskre $\acute{t}$ nych sign $\acute{a}$ lov.

Preto sa spojité sign $\acute{a}$ ly prostredn $\acute{i}$ ctvom anal $\acute{o}$ govo- $\acute{c}$ íslicov $\acute{y}$ ch prevodn $\acute{i}$ kov transformujú do diskre $\acute{t}$ nych. Prevodn $\acute{i}$ ky realizujú proces vzorkovania spojitého sign $\acute{a}$ lu  $s(t)$  do postupnosti  $s(m)$ :

$$s(m) = s(t)|_{t=mT_s} \quad m = \dots, -1, 0, 1, \dots$$

kde  $T_s$  je vzorkovací interval a  $f_s = 2\pi/T_s$  je vzorkovacia frekvencia.



### SHANONOV TEORÉM:

**Spojité sign $\acute{a}$ l  $s(t)$  sa dá úplne rekonštruovať z svojej digitalizovanej formy vtedy a len vtedy keď vzorkovacia frekvencia je vyššia ako dvojnásobok frekvenčného rozsahu pôvodného spojitého sign $\acute{a}$ lu.**

Zodpovedajúci digitalizovaný sign $\acute{a}$ l je perfektnou reprezentáciou spojitého sign $\acute{a}$ lu.

## DETERMINISTICKÉ A STOCHASTICKÉ BIOSIGNÁLY

- Deterministické signály sú vyjadriteľné presnou matematickou závislosťou a tomu zodpovedajúcou grafickou reprezentáciou.
- Reálne biosignály nie sú nikdy deterministické. Vždy v nich prítomné nepredvídateľné šumy a zmeny parametrov spôsobujú ich nedeterminičnosť.
- Často je vhodné aproximovať alebo modelovať také signály deterministickou funkciou.
- Dôležitou podtriedou deterministických signálov sú signály periodické:  $s(t) = s(t+nT)$ , kde  $n$  je "integer" a  $T$  je perióda.
- Periodický signál má svoj základný opakujúci sa tvar intervalu.
- Najjednoduchší periodický signál je sínusoida. Zložité periodické signály sa dajú rozložiť na sínusoidy rôznej amplitúdy a frekvencie.
- Väčšina deterministických signálov je neperiodická. Napriek tomu je nezriedka výhodné považovať ich za "takmer periodické".
- Napr. RR interval elektrokardiogramu prakticky nikdy nie je konštantný (v dôsledku dýchania a účinkov rôznych regulačných mechanizmov organizmu). Aj PQRST komplexy zodpovedajúce úderu srdca nie sú navzájom rovnaké. Avšak rozsah ich variability pripúšťa modelovať ich ako "takmer periodické".



**STOCHASTICKÉ SIGNÁLY**  
**ako prejav stochastických procesov v organizme**  
**tvoria dôležitý zdroj informácií**

Charakteristické vlastnosti

**vzájomná odlišnosť rôznych vzoriek rovnakej dĺžky**  
**absentujúca možnosť presného vyjadrenia matematickou funkciou**  
**opísateľnosť SÚČASNOU PRAVDEPODOBNOU FUNKCIOU**  
**(distribúciou pravdepodobnosti výskytu jednotlivých hodnôt):**

$$P[s(t_1) \leq s_1, s(t_2) \leq s_2, \dots, s(t_n) \leq s_n] = P(s_1, s_2, \dots, s_n)$$

(signál v čase  $t_i$  bude nanajvýš rovný hodnote  $s_i$ )

**SÚČASNÁ PRAVDEPODOBNOU FUNKCIA** – je reprezentáciou štatistického správania zodpovedajúceho istým vnútorným závislostiam stochastického procesu.

Interpretácia stochastického signálu často spočíva na  
(**SPOLOČNEJ**) **FUNKCII HUSTOTY PRAVDEPODOBNOU (FHP)**:

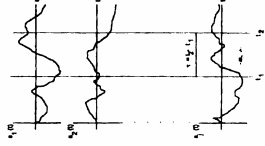
$$E\{s(t)\} = \int_{-\infty}^{\infty} sp(s) ds$$

Je vyjadrením určitého **očakávaného priebehu stochastického procesu.**

**STOCHASTICKÉ SIGNÁLY**  
**ako prejav stochastických procesov v organizme**  
**tvoria dôležitý zdroj informácií**

Charakteristické vlastnosti  
**vzájomná odlišnosť rôznych vzoriek rovnakej dĺžky**  
**absentujúca možnosť presného vyjadrenia matematickou funkciou**  
**opísateľnosť SÚČASNOU PRAVDEPODOBNOU FUNKCIOU**  
**(distribúciou pravdepodobnosti výskytu jednotlivých hodnôt):**

$P\{s(t_1) \leq s_1, s(t_2) \leq s_2, \dots, s(t_n) \leq s_n\} = P(s_1, s_2, \dots, s_n)$   
(signál v čase  $t_i$  bude nanajvýš rovný hodnote  $s_i$ )



**SÚČASNÁ PRAVDEPODOBNOŠTNÁ FUNKCIA** – je reprezentáciou štatistického správania zodpovedajúceho istým vnútorným závislostiam stochastického procesu.

Interpretácia stochastického signálu často spočíva na (SPOLOČNEJ) FUNKCII HUSTOTY PRAVDEPODOBNOŠTI (FHP):

$$E\{s(t)\} = \int_{-\infty}^{\infty} sp(s)ds$$

Je vyjadrením určitého očakávaného priebehu stochastického procesu.

**IDENTIFIKÁCIA A SPRACÚVANIE SIGNÁLOV GENEROVANÝCH STOCHASTICKÝM PROCESOM  
ČASTO SPOČÍVA NA UPLATŇOVANÍ DVOCH VÝZNAMNÝCH FUNKČNÝCH ZÁVISLOSTÍ  
(dynamickej štatistiky)  
ZODPOVEDAJÚCICH 2-ZLOŽKOVÝM FUNKCIAM HUSTOTY PRAVDEPODOBNOTI (FHP)**

**AUTOKORELAČNÁ FUNKCIA  $r_{ss}$**

$$r_{ss}(t_1, t_2) = E\{s(t_1)s(t_2)\} = \iint_{-\infty}^{\infty} s(t_1)s(t_2)p(s_1, s_2)ds_1ds_2$$

**VZÁJOMNEKORELAČNÁ FUNKCIA  $r_{xy}$**

$$r_{xy}(t_1, t_2) = E\{x(t_1)y(t_2)\} = \iint_{-\infty}^{\infty} x(t_1)y(t_2)p(x, y)dx dy$$

**STACIONÁRNY STOCHASTICKÝ PROCES**

**má štatistické charakteristiky, ktoré sa v čase nemenia  
autokorelačná funkcia je funkciou časového rozdielu  $\tau = t_2 - t_1$**

**STOCHASTICKÝ STACIONÁRNY ERGODICKÝ PROCES**

**štatistické charakteristiky jeho ľubovoľných dvoch vzoriek rovnakej a dostatočnej dĺžky  
sú rovnaké – vtedy namiesto celého priebehu stačí skúmať iba jednu jeho časť.**

## ČASOVÁ A FREKVENČNÁ DOMÉNA SIGNÁLU

### Časová doména

signál charakterizovaný hodnotami na časovej osi

### Frekvenčná doména

signál charakterizovaný svojim frekvenčným rozkladom



frekvenciou, amplitúdou a fázovým posunom sínusoid.

### FOURIEROVA TRANSFORMÁCIA (FT)

(doménový prevod signálu)

$$F\{s(t)\} = S(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t)e^{-j\omega t} dt \quad \Leftrightarrow \quad F^{-1}\{S(\omega)\} = s(t) = (1/2\pi) \int_{-\infty}^{\infty} S(\omega)e^{j\omega t} d\omega$$

$\omega = 2\pi f$  je *kruhová frekvencia*,

$S(\omega)$  reprezentuje *frekvenčnú doménu* komplexnou hodnotou

$$S(\omega) = |S(\omega)| e^{j\theta(\omega)},$$

pričom  $|S(\omega)|$  je *absolútna hodota komplexnej funkcie* zodpovedajúca *amplitúdovému spektru* a

$j\theta(\omega)$  je *fázou komplexnej funkcie* zodpovedajúca *fázovému spektru*,

kvadrát absolútnej hod-noty  $|S(\omega)|^2$  sa nazýva *výkonové spektrum*, je vyjadrením výkonu signálu pozdĺž frekvenčnej súradnice

## UPLATŇOVANIE FOURIEROVEJ TRANSFORMÁCIE (FT)

FT spojenej ergodickej vzorky stochastického signálu generuje ergodicnú vzorku vo frekvenčnej doméne.  
Vznikne súbor frekvenčno-amplitúdových spektier.

FT možno aplikovať aj na korelačnú funkciu, ktorá deterministicky generuje výsledok,  
a tak sa dá generovať deterministická frekvenčná funkcia.

**FT korelačnej funkcie sa nazýva funkcia výkonovej spektrálnej hustoty**  
**[power spectral density function - PSD]**



$$\text{PSD}[s(t)] = S_{ss}(\omega) = \mathbf{F}\{r_{ss}(\tau)\} = \int_{-\infty}^{\infty} r_{ss}(\tau) e^{-j\omega\tau} d\tau$$

**PSD** ako **funkcia výkonovej spektrálnej hustoty** sa uplatňuje pri opise stochastických signálov.  
Pretože autokorelačná funkcia je párna **PSD** je reálna, teda sa neuplatňuje fázové spektrum.

Keď sa skúmajú vzťahy (závislosti) medzi dvomi stochastickými procesmi  
(napr. pri sledovaní procesov v dvoch lokalitách mozgu na báze EEG signálov)  
tak sa uplatňuje **vzájomnekorelačná funkcia** na príslušné signály v časovej doméne.

Následne aplikácia FT na túto funkciu vytvára

**funkciu vzájomnej výkonovej spektrálnej hustoty** (tiež **vzájomné spektrum**)  
**[cross-power spectral density function – C-PSD]**

$$S_{xy}(\omega) = \mathbf{F}\{r_{xy}(\tau)\} = |S_{xy}(\omega)| e^{j\theta_{xy}(\omega)}$$

$r_{xy}(\tau)$  nie je párna funkcia, preto FT nie je reálna,  
teda je potrebné uvažovať aj absolútne hodnoty ako aj fázové posuny

# POČÍTAČOVÁ INTERPRETÁCIA ELEKTROKARDIOGRAMU

## PROGRAMY PRE EKG DIAGNOSTIKOVANIE:

### (1) SPRACOVANIE A (2) INTERPRETÁCIA SNÍMANÝCH SIGNÁLOV.

**Spracovanie:** (A) načítanie údajov, (B) detekovanie a odstraňovanie artefaktov, (C) identifikovanie zložiek (najmä vln) morfolologickej štruktúry signálu, (D) určenie počiatku a ukončenia jednotlivých vln, (E) výpočet ich amplitúdy a trvania atď.

**Interpretácia:** Klasifikovanie indentifikovaných morfologických prvkov, vrátane analýzy rytmov, porovnávanie EKG v časových postupnostiach

Princípy identifikovania a klasifikovania zložiek EKG signálu:

(1) **heuristické (expertné) - deterministické**, (2) **štatistické**

#### **Heuristický princíp: uplatňovanie expertných znalostí kardiológov**

(rozhodovacie stromy, produkčné pravidlá, expertné systémy)

>spôsobilosť zdôvodňovať klasifikáciu, vysvetliť odvodený záver<

>lepšie vyhovujú ozrejmovaniu ako štatistické metódy<

#### **Štatistický princíp: uplatnenie rôznych foriem štatistických metód**

(napr. multivariátna analýza, rozpoznávanie obrazcov – pattern recognition, neurónove siete)

>realizácia štatistických metód vyžaduje veľmi rozsiahle a kvalitou signálov spoľahlivé databázy<

>ťažko ak vôbec sa dá zabezpečiť<

# UPLATŇOVANIE POČÍTAČOV PRI EKG INTERPRETÁCII

## Štyri vývojové stupne

1. EKG zariadenia pripojené k počítaču, ktorý zabezpečuje kontrolu kvality signálu, vypočítava a prezentuje množinu diagnosticky dôležitých zistení (morfologických), teda jestvuje on-line možnosť analýzy EKG signálu.
2. Implementované programy na interpretáciu EKG, čím sa stáva možným poskytnúť automatickú analýzu EKG s malým časovým odstupom po zosnímaní signálu.
3. Možnosť pripojiť viacero elektrokardiografov k jedinému počítaču vybavenému softvérom pre systém EKG manažmentu. Taký systém umožňuje on-line uchovávanie a prehľadávanie veľkého počtu EKG záznamov, umožňuje prepisovanie starých záznamov novými a poskytuje možnosti archivácie.
4. EKG manažment systém je prepojitelný s inými systémami, napr. s nemocničným informačným systémom, čo umožňuje prenos informácií do jednotlivých oddelení aj do mimonemocničných zariadení. Boli už vypracované štandardy pre spôsob spracúvania a interpretácie EKG signálov a kompatibility a prenositeľnosti súvisiacich údajov do zdravotníckych záznamov, chorobopisu pacientov, aj do prepúšťacej správy.

Súčasný stav: EKG karta obsahujúca elektroniku pre snímanie signálu, zosilňovače, filtre, A/D prevodník sú súčasťou osobného počítača s EKG manažment systémom. Jestvuje aj opačný variant: procesor sa stáva súčasťou elektrokardiografu.

## VÝHODY POČÍTAČOVEJ INTERPRETÁCIE EKG

1. Zdokonalený záznam signálu, odstraňovanie sieťového šumu, detekovanie a korekcia artefaktov, korekcia izoelektrickej čiary.
2. Úspora času pri interpretácii, archivácii a porovnávaní EKG záznamov.
3. Redukovani inter- a intrapersonalnej variability EKG interpretácie, odstránenie nepriaznivých subjektívnych vplyvov vyšetrujúceho.
4. Uplatňovanie štandardizovaných interpretačných kritérií, terminológie a výstupných správ.
5. Zvýšená dostupnosť vyšetrenia aj vďaka ľahko prenosným systémom (notebooky s príslušenstvom).

## PROBLÉMY

1. Formalizovaná reprezentácia znalostí kardiológov. Rozlišujú sa tri kroky procesu formalizácie: (1) výber vhodných morfológických štruktúr signálu, napr. amplitúda Q-vlny v niektorých zvodoch, definovanie minimálnych štandardov pre jednotlivé vlny a pod., (2) definovanie prahových hodnôt pre možnosť kategorického vyhodnocovania podmienok, (3) definovanie a štruktúrovanie rozhodovacích kritérií, najmä vzhľadom na ich nekategoričnosť.
2. Kardiológovia manifestujú inter- a intrapersonálnu variabilitu pri diagnostickej klasifikácii EKG, preto je obťažné určovať tie poznatky kardiológie, ktoré sa majú inkorporovať v algoritmoch, reprezentácii znalostí.
3. EKG diagnostické klasifikátory sa testujú na testovacom súbore EKG záznamov. Testovací súbor nesmie byť totožný so súborom použitým na vytváranie klasifikačných kritérií (trénovacieho súboru). **Výroky interpretujúce EKG záznam:** (A) validizovateľné abnormality srdca nezávisle na EKG (napr. hypertrofia komôr, IM), (B) abnormality v elektrickom prevodovom systéme srdca – dajú sa odvodiť iba zo samotného EKG signálu (napr. poruchy vedenia, arytmie), (C) nešpecifické morfológické opisy, ktoré nemajú priamy vzťah k špecifickej diagnóze (napr. nešpecifické zmeny S-T segmentu, odchýlky srdcovej osi).



## VÝZNAMNÉ EKG INTERPRETAČNÉ SYSTÉMY

<b>Názov programu</b>	<b>Hlavný autor</b>	<b>zvody</b>	<b>matóda klasifikovania</b>
AVA (USA)	Pipberger	VKG	štatistická
Glsgow (UK)	Macfarlane	EKG	heuristcká
HES (D)	Zywietz	EKG-VKG	štatistická
HP (USA)	Monroe	EKG	heuristcká
Leuven (B)	Willems	EKG	štatistická
Louvain (B)	Brohet	VKG	heuristcká
Lyon (F)	Arnaud, Rubel	VKG	heuristcká
Marquette (USA)	Rowlandson	EKG	heuristcká
MEANS (NL)	Van Bemmell	EKG-VKG	heuristcká
MEDIS (D)	Pöppel	EKG	heuristcká
Nagoya (J)	Okajima, Ohasawa	EKG	heuristcká
Padova (I)	Degani	EKG	heuristcká
Porto (P)	Abreu-Lima	VKG	heuristcká