

PROSTŘEDÍ PRO ANALÝZU A KLASIFIKACI TERMOGRAMŮ V DIAGNOSTICE MAMMOKARCINOMU

Michal Závíšek, Aleš Drastich, Jan Šandera

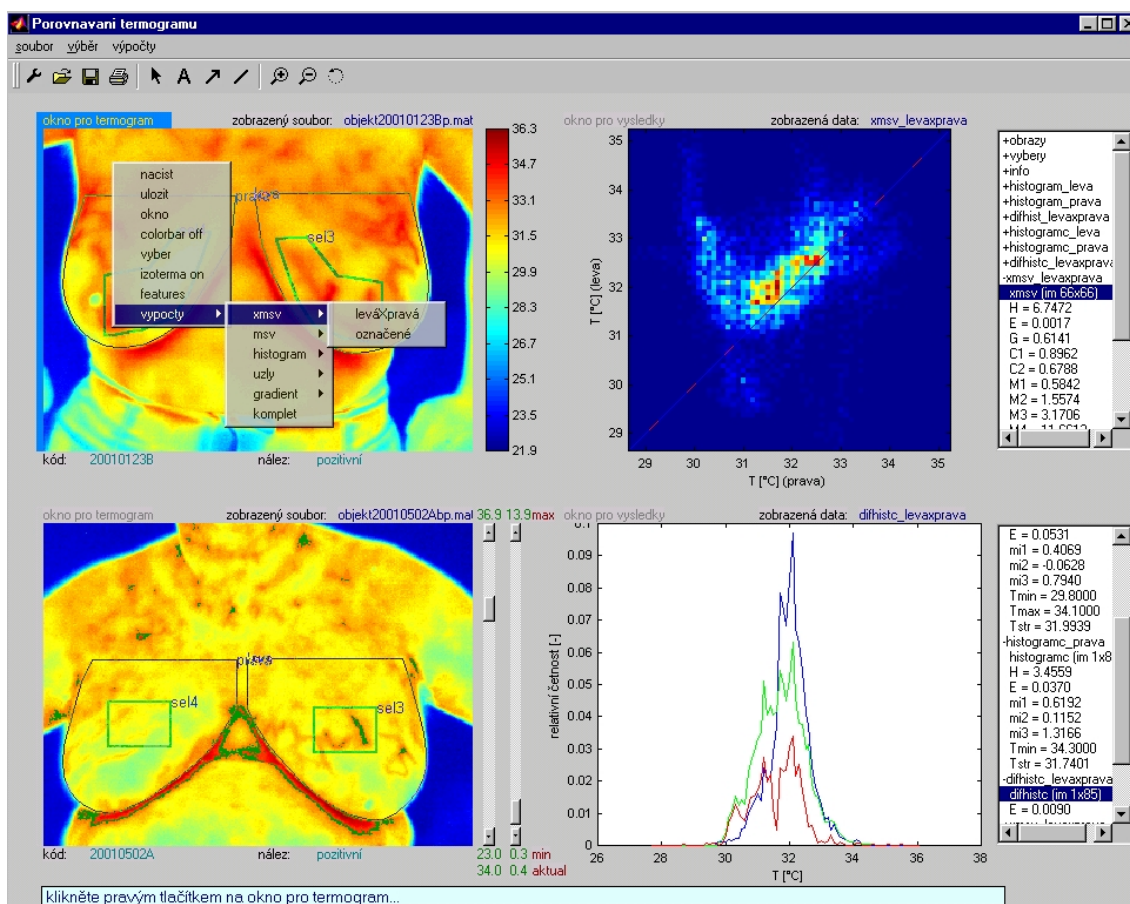
VUT v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav biomedicínského inženýrství

1. Úvod

Naším cílem je nalézt a objektivně popsat termopatologické znaky doprovázející výskyt nádorových onemocnění prsu. Navazujícím úkolem je optimalizace klasifikačního procesu postaveného na nalezených metodách. K tomuto účelu bylo v MATLABu navrženo prostředí umožňující standardní operace s termogramem, snadnou implementaci nových metod analýzy a hodnocení klasifikačního procesu. Tento příspěvek stručně popisuje funkce a konstrukci navrženého programu.

2. Uživatelské rozhraní

Původně měl program sloužit pouze jako rozšířený prohlížeč termogramů, z toho také vyplývá koncepce uživatelského rozhraní. V hlavním okně programu jsou po spuštění zobrazeny čtyři obrazová okna, jejichž určení je předem dáno nastavením schématu zobrazení (obr. 1).



Obr. 1 Hlavní okno programu (základní rozvržení)

Je možno volit mezi dvěma variantami rozložení oken: jedno okno pro zobrazení termogramu a tři pro zobrazování výsledků nebo dvě okna pro termogram a dvě pro výsledky. Kromě obrazových oken je na ploše vždy ještě pro každý termogram jedno datové okno umístěné úplně vpravo. V zájmu maximálně intuitivního ovládní je značně omezen počet

ovládacích prvků a téměř všechny operace se provádějí pomocí kontextových menu jednotlivých obrazových oken. Ve spodní části hlavního okna je umístěné textové okno sloužící pro zobrazování nápovědy a chybových hlášení. Každé obrazové okno je doplněno několika textovými poli, ve kterých se zobrazují důležité informace o zobrazených datech. U oken pro termogram je to především název souboru, ze kterého byla načtena aktuální data, kód pacientky a nález z mammografie, pokud je k dispozici. Dále je možné vedle okna pro termogramy zobrazit barevnou škálu s odpovídajícími hodnotami teplot, nebo posuvné ovládací prvky (*slidery*) pro použití izotermálního zobrazení.

3. Základní operace s termogramem

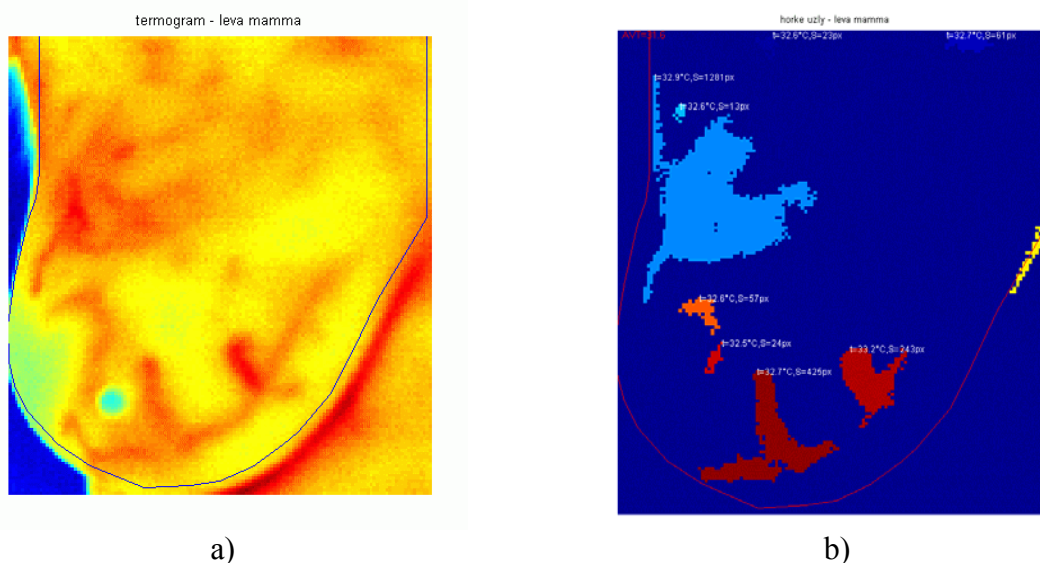
Po načtení termogramu, se v programu vytvoří strukturovaná proměnná, která mj. obsahuje pole teplot ve stupních celsia pro výpočty, šedotónový obraz pro prezentaci, informace o zájmových zónách a dosud vypočtené výsledky. Tato proměnná je poté uložena jako uživatelská data (*userdata*) do objektu reprezentujícího obrazové okno. Tak je zajištěn trvalý přístup k těmto datům pro všechny i nově implementované metody analýzy. Navíc tato proměnná slouží jako protokol, který lze snadno uložit a kdykoliv znovu načíst.

Mezi implementované základní operace s termogramem potom patří například již zmíněné izotermální zobrazení nebo výpočet a zobrazení gradientního obrazu. Zvýrazněné hrany v gradientním obraze mj. usnadňují výběr zájmových zón. Právě skupina funkcí umožňující práci se zájmovými zónami je podstatnou částí programu. Vyznačené zájmové zóny je možné libovolně posouvat, kopírovat, měnit jejich velikost nebo vybírat některé z nich pro provedení analýzy. Zde velmi dobře posloužila funkce *image processing toolboxu roipoly*.

4. Analýza termogramu (extrakce příznaků)

Každá z použitých metody analýzy nějakým způsobem vyhodnocuje symetrii termogramu levé a pravé mammy, resp. zájmových zón. V popisované verzi programu byly implementovány tyto metody:

1. vyhledání a popis horkých a studených uzlů (obr. 2)
2. výpočet a popis histogramu teplot
3. výpočet a popis matice současných výskytů (*MSV*) a křížové matice současných výskytů (*XMSV*; bihistogram)
4. analýza teplotních spádů (gradientu)



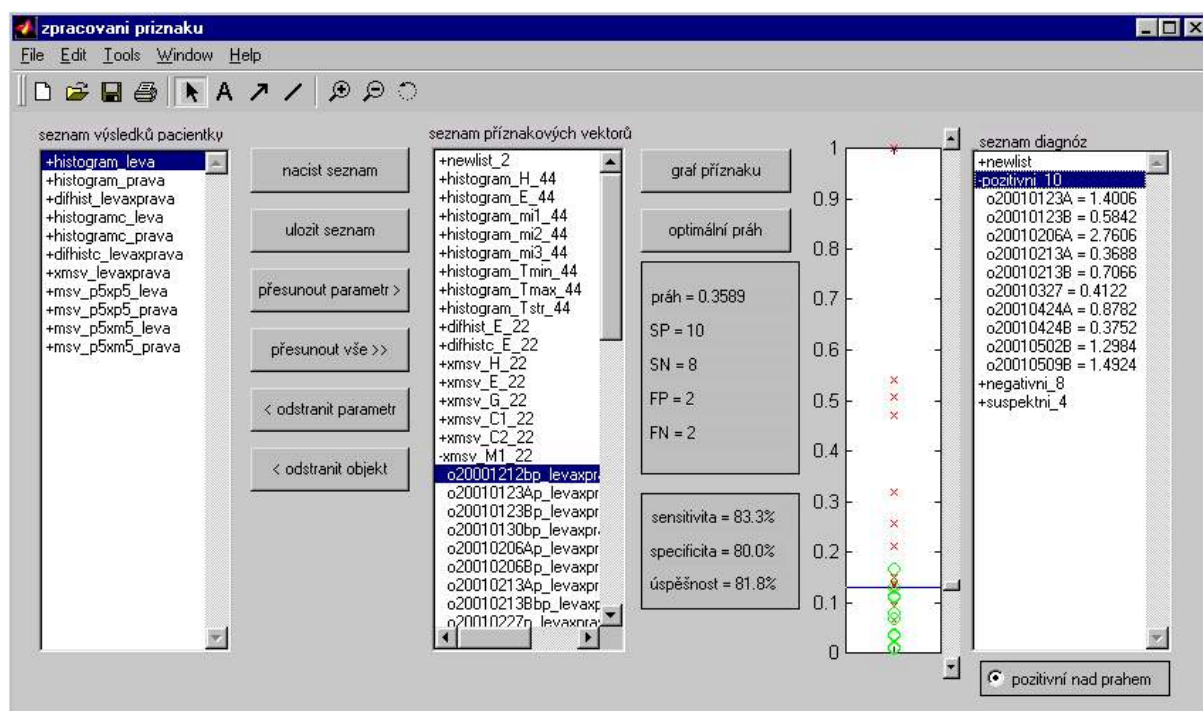
Obr. 2: Hledání a popis horkých a studených uzlů; a) termogram b) mapa horkých uzlů

Všechny výpočty se provádějí nad maticí teplot ve stupních celsia nikoliv nad šedotónovým obrazem, proto nelze jednoduše aplikovat funkce *image processing toolboxu*. Většina výpočtů je tedy realizována uživatelskými funkcemi využívajícími pouze základní funkce MATLABu a některé funkce *statistics a signal processing toolboxu*.

Další důležitou částí programu jsou funkce pro prezentaci výsledků. Prezentace výsledků se liší s jejich formou, grafické průběhy histogramů a obrazy matic se zobrazují do vybraných oken pro výsledky, číselné hodnoty je možno prohlédnout v seznamu výsledků, který je zobrazen spolu s dalšími informacemi v datovém okně. Jedná-li se o jednorozměrný vektor, např. histogram, lze do jednoho okna zobrazit více průběhů.

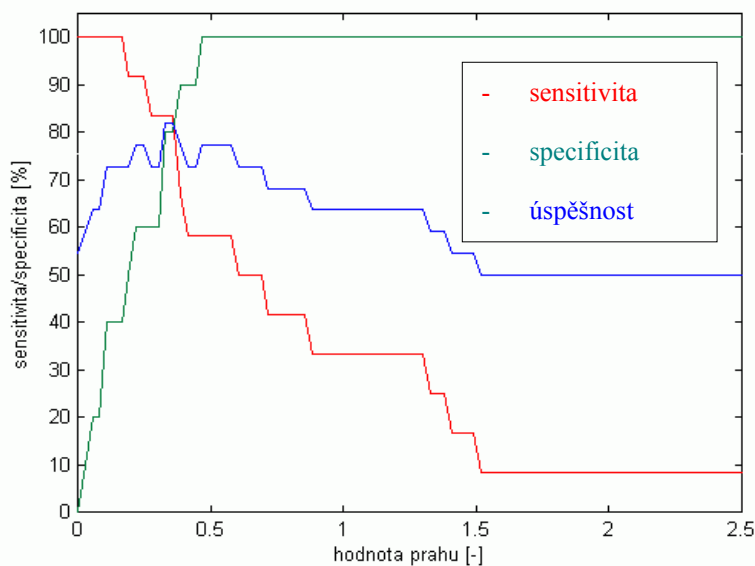
5. Klasifikace termogramů (zpracování příznaků)

Aplikací uvedených metod analýzy termogramu získáme přibližně 40 příznaků. Takové množství příznaků musí být možné přehledně zobrazit, zpracovat a vybrané exportovat do textového souboru formátovaného tak aby se dal jednoduše otevřít v tabulkovém procesoru. K tomuto účelu slouží podprogram pro zpracování příznaků (obr. 3). V prvním okně se zobrazuje seznam výsledků načtený z aktuálního protokolu. Vybrané výsledky se dají přemístit do vedlejšího okna a potom uložit jako textový soubor. Do druhého okna lze také načíst seznam dříve exportovaných příznaků.



Obr. 3: Okno pro zpracování výsledků

Pomocí grafického zobrazení hodnot vybraného příznaku pro všechny pacientky lze nastavit pozici prahu pro oddělení pozitivních a negativních pacientek. Lze zobrazit grafické průběhy sensitivity a specifity, případně použít automatické nastavení optimálního prahu, přičemž za optimální je považován průsečík sensitivity a specifity (obr. 4). Skutečná diagnóza dané pacientky je zjišťována automaticky podle identifikačního kódu. Pro každou polohu prahu lze interaktivně sledovat úspěšnost metody a aktuální seznam pacientek rozříděných podle toho jak se vypočtená diagnóza shoduje se skutečnou.



Obr. 4: Příklad průběhu sensitivity a specifity (*XMSV – moment1*)

6. Závěr

Popsané prostředí umožnilo definovat základní termopatologické znaky a vybrat z rozsáhlé sady příznaku ty, které byly samostatně nejúspěšnější. Podrobnější popis aplikovaných metod je uveden v [1], poslední výsledky našeho výzkumu termografie v diagnostice mamokarcinomu jsou publikovány např. v [2].

MATLAB se ukázal jako nejvhodnější prostředek pro tvorbu podobného prostředí hlavně díky snadnému přístupu ke kvalitnímu matematickému aparátu a současně jednoduché tvorbě uživatelského rozhraní. V současné době je program začleňován do komplexnějšího prostředí *Mammolab*, které kromě popsaných funkcí umožňuje například hromadné zpracování velkého množství termogramů, dekorelaci příznakového vektoru a aplikaci vyšších klasifikačních metod.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl za podpory výzkumného záměru MŠ CEZ – J22 262200011.

Literatura

[1] Závisek, M. Diplomová práce, Vysoké učení technické v Brně, 2002

[2] Dub, P. PhD Thesis, Vysoké učení technické v Brně, 2003

Kontaktní informace

Ing. Michal Závisek, e-mail: zavisek@feec.vutbr.cz

Doc. Ing. Aleš Drastich, CSc., e-mail: drastich@feec.vubr.cz

Ing. Jan Šandera, e-mail: xsande01@stud.feec.vutbr.cz