

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Zdravotně sociální fakulta

Nemocniční informační systémy
Kvalita v informačních systémech ve zdravotnictví

Diplomová práce

Autor: Michal Kýček

Vedoucí práce: Ing. Ladislav Beránek, CSc., MBA

V Českých Budějovicích, 15. května 2008

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Nemocniční informační systémy vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích, 15. května 2008

Poděkování

Rád bych poděkoval především vedoucímu mé diplomové práce panu ing. Ladislavu Beránkovi, CSc., MBA. Dále pak děkuji panu primáři RDG oddělení FN Plzeň-Bory MUDr. Zdeňku Chudáčkovi, Ph. D. a celému kolektivu lékařů RDG oddělení, ing. Radomíru Pospíšilovi z firmy AGFA, MUDr. Tomáši Holečkovi a ing. Martinu Tauchenovi, MBA, vedoucímu Odboru správy informačního systému FN Plzeň.

Abstract

In its theoretical part, this work deals with hospital information systems, their properties and development trends in the world, in Czech Republic and in the faculty Hospital in Plzeň in particular. A special reason for taking up this subject was the ongoing transition to digital operation at the RTG department of said hospital. Pictorial documentation in digital form is presently becoming standard part of the medical documentation. The X-ray photographs can now be viewed at any client station of the hospital information system. As the existing stations were not originally intended for visualisation of pictorial medical documentation, image quality tests have been carried out to determine the suitability of the station monitors for such operation. The main target of this work was to identify, using the technical tools available at the RTG department, a suitable image quality test, to verify its informative value and compare the existing hospital information system stations with dedicated diagnostic work station primarily intended for visualisation of medical X-ray documentation.

The practical part of this work consisted of two tests using special graphic images and real patient's X-ray picture including a specific diagnostic feature. A method of controlled interview was then used to establish the image quality and the degree of certainty with which that the doctors could identify the subject diagnostic feature.

The test results were subject to statistical analysis using the linear regression analytic method whereby the informative value of the tests was determined. Finally, the operational properties of diagnostic work stations were compared to those of the hospital information system. In consideration of the small number of stations subjects to tests, the statistic analysis of this comparison was not carried out.

Obsah

Abstract	4
Úvod.....	8
1 Současný stav	9
1.1 Informační systém.....	9
1.2 Historie informačních systémů	9
1.3 Historie informačních systémů ve zdravotnictví	10
1.3.1 Historický vývoj	10
1.3.2 Součásti nemocničního informačního systému.....	15
1.3.3 Příklady jednotlivých klinických aplikací nemocničního informačního systému	17
1.3.4 Interoperabilita informačních systémů ve zdravotnictví	18
1.4 Současný stav problematiky v praxi	19
1.5 RDG oddělení Fakultní nemocnice Plzeň-Bory – <i>WinMedicalc</i> , systém nepřímé digitalizace <i>AGFA CR-85</i> , <i>CR-35</i> a pracovní stanice <i>Siemens Syngo Imaging XS – VA60B</i>	20
1.5.1 Řešení systému nepřímé digitalizace a nemocničního informačního systému na RDG oddělení FN Plzeň-Bory	20
1.5.2 NIS <i>WinMedicalc</i>	21
1.5.3 Pracovní stanice <i>Siemens Syngo Imaging XS – VA60B</i>	24
1.5.4 Systém nepřímé digitalizace <i>AGFA CR-85X</i>	24
Schéma propojení jednotlivých komponent NIS a PACS na Radiodiagnostickém oddělení FN Plzeň-Bory	27
1.6 Klatovská nemocnice – <i>Stapro Akord</i> , systém nepřímé digitalizace <i>AGFA CR-35</i> a <i>AGFA IMPAX</i>	27
Schéma propojení jednotlivých komponent NIS a PACS na Radiodiagnostickém oddělení Klatovské nemocnice	28
2 Cíle práce a hypotézy	29
3 Metodika.....	30

3.1	Podmínky provedeního testování.....	30
3.2	Stanice a monitory zařazené do testu.....	31
3.3	Popis použitých kontrolních obrazců a snímků	35
3.3.1	Kontrolní technický obrazec.....	35
3.3.2	Snímek fantomu soupravy <i>Auto QC²</i>	36
3.3.3	Snímek kyčelního kloubu s petrochanterickou frakturou.....	38
3.4	Popis otázek k řízenému rozhovoru o kvalitě snímků	39
3.4.1	Kontrolní technický obrazec.....	39
3.4.2	Snímek fantomu soupravy <i>Auto QC²</i>	39
3.4.3	Snímek nemocného s petrochanterickou frakturou kostí stehenní.....	40
3.5	Způsob vyhodnocení získaných dat.....	40
4	Výsledky	41
4.1	Přehled výsledků podle jednotlivých stanic.....	41
4.1.1	Modalita – systém nepřímé digitalizace <i>Agfa CR-85X</i>	42
4.1.2	Pracovní stanice pro popis snímků <i>Siemens Syngo</i>	44
4.1.3	Stanice NIS č. 1	46
4.1.4	Stanice NIS č. 2	48
4.1.5	Stanice NIS č. 3	50
4.1.6	Stanice NIS č. 4	52
4.1.7	Stanice NIS č. 5	54
4.2	Grafické porovnání výsledků hodnocení jednotlivých obrazců	56
4.2.1	Testovací obrazec SMPTE – hodnocení jednotlivými respondenty	57
4.2.2	Hodnocení zobrazení fantomu <i>Auto QC²</i> – hodnocení respondenty	58
4.2.3	Testovací obrazec SMPTE – srovnávací grafy.....	59
4.2.4	Hodnocení zobrazení fantomu <i>Auto QC²</i>	60
4.3	Statistické posouzení vypovídací schopnosti použité metodiky.....	61
4.3.1	Regresní analýza.....	61
4.3.2	Výsledky regresní analýzy.....	61
4.4	Srovnání výsledků diagnostických stanic s běžnými stanicemi NIS.....	68
5	Diskuse.....	69

5.1	Diskuse k metodice	69
5.2	Diskuse k výsledkům analýzy jednotlivých testů	70
5.3	Diskuse k výsledkům srovnání jednotlivých stanic	71
5.4	Poznámky	72
6	Závěr	73
7	Literatura	74
8	Klíčová slova	76
9	Přílohy	77

Úvod

Proč jsem si vybral za téma práce právě nemocniční informační systémy? Lidé se pokoušeli léčit své nemoci a úrazy ještě dávno před vynálezem písma. Pozdější specializace některých z nich na léčení chorob a úrazů dala během staletí postupně vzniknout nové profesi lékaře. A současně nastala potřeba lékařů uchovávat si záznamy o nemocných, o průběhu jejich nemoci, o léčbě a lécích, jež jim byly podány, stejně jako o výsledcích léčby. Lékaři si potřebovali vyměňovat informace mezi sebou a získávat nové poznatky ve svém oboru. A od vynálezu písma po staletí používali psací náčiní, ať už to byly hliněné tabulky, papyrus či papír. Revoluci ve způsobu záznamu, zpracování a výměny informací přineslo až zavedení výpočetní techniky do nemocnic a lékařských ordinací, stejně jako později vznik sítě Internet.

Živelné zavádění výpočetní techniky do zdravotnických zařízení v současné době a požadavky na snižování nákladů vedou často k problémům s kvalitou dodaného řešení. Tyto problémy následně snižují výkonnost a efektivitu práce zdravotnických týmů. Pracuji jako radiologický asistent na radiodiagnostickém oddělení. Proto jsem se rozhodl zaměřit na nemocniční informační systémy z hlediska jejich uživatele. Posuzoval jsem kvalitu nemocničního informačního systému z hlediska jeho práce s obrazovou informací. Zde jsem se zaměřil především na použitý hardware a na kvalitu prohlížeče obrazové dokumentace ve formátu DICOM, jeho integraci do systému a vliv kvality pracovní stanice na jistotu lékaře při popisu rentgenových snímků.

1 Současný stav

1.1 Informační systém

Informační systém (IS) je soubor prostředků pro sběr, ukládání, zpracování a zobrazování informací [6]. Úkolem informačního systému je poskytnout jeho uživateli podporu pro rozhodování a řízení a tím dosáhnout zvýšení efektivity a kvality práce.

Současná doba je charakterizovaná bouřlivým rozvojem počítačových technologií i rozvojem informačních systémů. Informační systém ovšem nemusí být podporován počítačem. Ruční sběr dat, jejich záznam do kartotéky, výměna papírových dokumentů a informace publikované v tištěné či psané podobě představovaly to, čemu dnes říkáme informační systém, dávno před zkonstruováním prvního počítače.

Je zřejmé, že i v současné době nelze všechny činnosti automatizovat a svěřit počítači; volba optimální kombinace automatizovaných i neautomatizovaných činností je základním problémem návrhu IS [8].

1.2 Historie informačních systémů

Pojem *informační systém* se objevil kolem roku 1960. Börje Langefors vydal v roce 1966 knihu *Teoretická analýza informačních systémů*, která představuje základ tohoto oboru. Autor ve své knize popsal systémový přístup ke sběru, zpracování a využití údajů za účelem získání informací.

1.3 Historie informačních systémů ve zdravotnictví

Zdravotnické zařízení, zejména velká nemocnice, je specifické prostředí, ve kterém probíhá řada dějů. Je třeba postihnout biologické děje, stav a pohyb zdravotnického materiálu a techniky a také ekonomická a organizační data. Při návrhu informačního systému ve zdravotnickém zařízení není možné postihnout všechny děje, které zde probíhají. Je třeba definovat podstatné prvky a pracovat pak s nimi a se vztahy mezi nimi. Jak jsem již zmínil v odstavci 1.1, informační systém vždy nebyl a ani nemusí být podporován výpočetní technikou. Tak vznikl historicky systém papírové dokumentace a její archivace v kartotékách, způsob zapisování anamnézy, způsob vedení žádanek, zapisování laboratorních výsledků a nálezů vyšetření až po účtování zdravotním pojišťovnám.

Ve své práci se budu zabývat informačními systémy podporovanými výpočetní technikou. Převedení informačního systému nemocnice do počítačové podoby je velmi nesnadný úkol. Snaha o řešení tohoto problému byla po mnoho let neúspěšná. Důvodem byly obtíže rázu technického, především nedostatečný výkon počítačů a nedostatečná přenosová kapacita počítačových sítí, stejně jako nesnáze s postižením organizační struktury zdravotnického zařízení a komplikovaných vnitřních vazeb, které se často mění a vyvíjejí.

1.3.1 Historický vývoj

1.3.1.1 Historie zavádění IS ve zdravotnictví ve světě

V historii vývoje zdravotnických informačních systémů ve světě můžeme rozeznat několik charakteristických etap [6]:

V letech 1960–1970:

- první systémy orientované na samostatné dílčí systémy nemocnice
 - registry pacientů, kartotéky údajů
- charakteristické pro tyto systémy bylo
 - dávkové zpracování pomocí děrných štítků a z toho vyplývající
 - značná prodleva mezi sběrem dat a výsledkem jejich zpracování

- první implementací v USA byl informační systém v kalifornském Sunnyvale v nemocnici El Camino Hospital

- vznikl za spolupráce s firmou Lockheed v roce 1967

Období let 1970–1975:

- s postupným vývojem techniky a programových nástrojů jsou vytvářeny aplikace řešící funkční celky v rámci nemocnice

- typickým příkladem jsou laboratorní subsystémy

- takto pokryté celky se často překrývaly, což vedlo k redundanci zpracovávaných údajů

- jednou z prvních implementací byl systém COSTAR (COmputer STored Ambulatory Record)

- systém byl vyvíjen od konce šedesátých let v Massachusetts General Hospital

- byl provozován v ambulantním zařízení poliklinického typu

- denně bylo zaznamenáváno kolem 550 ošetřených pacientů

- novější verze systému obsahovala po roce 1978 i funkce pro účtování výkonů

- v první polovině sedmdesátých let mají původ i nejstarší evropské informační systémy nemocnic ve Vídni a v Ženevě

- původně vznikly jako menší databanky pro evidenci nemocných a postupně se rozvinuly v plnohodnotné informační systémy

Období let 1975–1980:

- pokusy o vytvoření integrovaného informačního systému v rozsahu celé nemocnice

- snahou bylo vyhnout se redundanci zpracovávaných dat

- všechny pokusy o vytvoření takového informačního systému byly však jak v USA, tak v Japonsku neúspěšné

- důvodem byl

- nedostatečný výkon počítačů

- malá operační rychlost, malá kapacita vnitřních i vnějších pamětí, malý počet terminálů

- podcenění složitosti úlohy

- zdravotnická zařízení představují organizační strukturu s komplikovanými vnitřními vazbami, jednotlivé složky systému se často mění a vyvíjejí

Období let 1980–1990:

- nezdár při realizaci komplexního informačního systému vedl k návratu k řešením izolovaných subsystému, ale na kvalitativně vyšší úrovni
 - přesně byl specifikován obsah a rozsah jednotlivých subsystémů a definovány jejich vzájemné vztahy a vazby
 - subsystémy byly již koncipovány pro budoucí propojení do komplexního informačního systému
 - byly definovány společné databáze pacientů sdílené jednotlivými subsystémy
 - byly provedeny první projekty jednotné identifikace pacientů, struktury archivovaných údajů a formalizace medicínských dat a informací
- informační systém Všeobecné univerzitní nemocnice ve Vídni obsahuje v této době již
 - administrativní subsystém zpracovávající především identifikační a základní klinické údaje o pacientech a statistiku pro potřeby řízení nemocnice
 - klinický subsystém, který slouží jako podpůrná funkce pro diagnostickou a léčebnou činnost
 - hospodářský a technický subsystém, který má za úkol pomáhat při řízení provozu nemocnice, včetně ovládání technologie budov a zásobování léky a materiálem
- informační systém Univerzitní nemocnice v Ženevě již v roce 1988 rutinně používal osobních karet s magnetickým a mechanickým záznamem pro identifikaci pacientů na lůžkových odděleních a v dalších provozech

90. léta:

- pokračující technologický vývoj a zdokonalování programových řešení již umožňuje realizaci informačního systému, který bude řešit veškeré zpracování informací ve zdravotnickém zařízení elektronickou formou

- technické prostředky mají již dostatečně rychlou odezvu a dostatek paměti
- stěžejním faktorem řešení úplného informačního systému je rozvoj počítačových sítí
- přesto zatím v 90. letech k realizaci úplného informačního systému nedošlo

1.3.1.2 Trendy dalšího vývoje

V současné době můžeme sledovat dva základní směry vývoje nemocničních informačních systémů:

- **homogenní informační systém**
 - jednotné uživatelské rozhraní
 - všechny datové struktury jsou navzájem kompatibilní
 - systém zahrnuje veškerou datovou agendu
 - výhodou je homogenní prostředí, stabilita a robustnost
 - nevýhodou je značný rozsah problematiky, jejíž sledování je v takovém rozsahu pro jednoho autora obtížné, zejména při nutnosti neustálé aktualizace systému
- **heterogenní informační systém**
 - systém je sestaven z dílčích řešení různých autorů
 - vhodné řešení pro zařízení, kde se již nějaký subsystém používá
 - výhodou jsou snadnější aktualizace a vyšší specializace autorů jednotlivých subsystémů
 - nevýhodou je nejednotné uživatelské rozhraní a problémy s interoperabilitou systémů

Vzhledem k neustálému nárůstu požadavků na jednotlivé komponenty nemocničních informačních systémů se zdá, že další vývoj povede cestou heterogenních systémů. Samostatné klinické a administrativní a hospodářské systémy bude sjednocovat standardizované datové a sjednocené uživatelské rozhraní. Vývoj úplného homogenního informačního systému není v možnostech jednoho autora a je velmi náročný i pro autor-ský kolektiv, některé nejnovější systémy se však tomuto pojetí přibližují.

1.3.1.3 Historie zavádění IS ve zdravotnictví v České republice

Zavádění IS a výpočetní techniky do zdravotnických zařízení bylo před rokem 1989 ovlivněno politickým zřízením, především orientací na tuzemské výrobky či výrobky jiných socialistických zemí. Dovoz výkonné výpočetní techniky byl ztížen také omezeními ze strany USA a ostatních „západních“ zemí; na vývoz výpočetní techniky se vztahovalo embargo (COCOM, Coordinating Committee – koordinační výbor pro kontrolu vývozu zboží strategického významu).

Začátek vývoje v této oblasti se opozdil o 10 let [6]. V roce 1975 byl sestaven projekt na informační systém v Ústavu lékařské bioniky v Bratislavě a probíhaly pokusy s jeho implementací v nemocnici na Kramárech. Projekt však selhal vinou technické nedokonalosti tehdejších počítačů. Průkopníkem v realizaci nemocničního informačního systému byl Výzkumný ústav traumatologický v Brně a nemocnice v Benešově. Výkonný laboratorní subsystém byl v provozu v pražské nemocnici na Bulovce.

1.3.1.4 Zavádění IS ve Fakultní nemocnici Plzeň

Počátky zavádění nemocničního informačního systému ve Fakultní nemocnici Plzeň spadají do roku 1989, kdy se vývojem tohoto systému začal zabývat MUDr. Tomáš Holeček.

První verze NIS *Medicalc* pracovala pod operačním systémem MS DOS a obsahovala již většinu základní klinické agendy.

Logickým pokračováním ve vývoji byl přechod na modernější operační systém MS Windows. Vznikl *Medicalc* verze 2. Zde již bylo k dispozici standardní grafické rozhraní operačního systému a také jednotné datové rozhraní v podobě databázového systému Oracle. Systém již obsahoval moduly pro vykazování výkonů pojišťovněm a statistické výstupy.

Kolem roku 2000 vzniká poslední, nejnovější verze NIS *WinMedicalc*. Systém je postaven na nejnovějších technologiích (aplikační prostředí Borland C++ Builder a databáze Oracle) a během posledních let byl rozšířen o zobrazovací modul PACS. Práce s obrazovou dokumentací tak není oddělena od ostatních klinických dat, nýbrž je její

nedílnou součástí. Od roku 2007 lze využívat i možností telemedicíny, tedy vzdáleného přístupu k NIS včetně obrazové dokumentace z domova lékaře.

Nadstavbou tohoto NIS je *MediGain*. Jedná se o manažerský informační systém postavený nad nemocničním informačním systémem *WinMedicalc*, který přebírá z NIS výkony a léky či přípravky účtované zdravotním pojišťovnám a umožňuje tak sledovat

- hospodaření nemocnice – náklady / výnosy nemocnice v členění na jednotlivá oddělení, jednotlivé druhy nákladů, jednotlivé pojišťovny, vše s možností srovnávání v čase
- produkci nemocnice – vykázané výkony provedené v nemocnici v členění na jednotlivá oddělení a pracoviště, počty ošetřených pacientů, unikátních RČ, obložnost lůžek atd.
- vytíženost pracovišť – počty pacientů v závislosti na hodinách dne, ošetření v ambulanci, operace, počty ošetřených pacientů na lékaře, SZP a den, počty výkonů na lékaře, SZP a den apod.
- ukazatele a statistiky
- ukazatele z oblasti kvality zdravotní péče (nozokomiální nákazy, mortalita...)
- další statistiky, které vyplynou z požadavků managementu

V současné době se nemocniční informační systém *WinMedicalc* již blíží pojetí úplného homogenního informačního systému, jak je popsán v [6].

1.3.2 Součásti nemocničního informačního systému

Důležitou vlastností moderních nemocničních informačních systémů je orientace na pacienta a centralizované uložení dat. Při vedení papírové dokumentace není možné shromáždit všechny údaje o nemocném na jednom místě. Záznamy z ambulantních ošetření jsou v ambulancích uloženy na několika různých místech, záznamy z hospitalizace nemocného na lůžkovém oddělení zase v archivu oddělení. V případě potřeby nebyly všechny potřebné informace lékaři k dispozici, bylo třeba je přinést a to mohlo v lepším případě způsobit ztrátu času, v horším případě mohlo toto prodlení ohrozit nemocného.

Mnoho práce zabírá i ostatní agenda, jako je vykazování výkonů pojišťovně, stravovací provoz, dopravní zdravotnická služba a další. Všechnu zmíněnou agendu lze svěřit nemocničnímu informačnímu systému.

1.3.2.1 Klinická část

V klinické části nemocničního informačního systému se zpracovávají především samotné zdravotní údaje o nemocném. Struktura dokumentů připomíná klasickou dokumentaci papírovou. Nemocný je do systému zaveden svými identifikačními údaji. Dokumentace obsahuje dále pacientovu anamnézu a průběh dosavadní léčby. Lékaři do systému zaznamenávají průběh a výsledky vyšetření, žádanky na specializovaná vyšetření, jako jsou biochemická, cytologická a histologická vyšetření, vyšetření zobrazovacími metodami apod.; žádanku pak lékař specialista použije k zapsání výsledku vyšetření, což šetří čas a zefektivňuje práci.

Součástí klinické části NIS jsou tyto agendy:

- příjímací kancelář
- lůžkové oddělení
- ambulance
- laboratoře
- oddělení zobrazovacích metod
- patologické oddělení
- lékárna
- transfúzní stanice

1.3.2.1.1 Oddělení zobrazovacích metod

V současné době probíhá na radiodiagnostických odděleních v nemocnicích i v ambulantních zařízeních postupný přechod z klasického vyvolávacího procesu rentgenových snímků zhotovených na filmový materiál na digitální systémy přímé a nepřímé skiografie. K již existujícím digitálním modalitám, jako je např. výpočetní tomografie, tak přibývá významný zdroj obrazové lékařské dokumentace v digitálním formátu. Dosavadní praxe, kdy se z digitálních dat pořizovaly na kamerách pro záznam z obrazovky či na laserových kamerách snímky na světlocitlivý film, se opouští, a obrazová data se

ukládají v digitální podobě v úložištích obrazových dat nemocničních informačních systémů.

Výhoda tohoto řešení je zřejmá – snímky má k dispozici kterýkoli lékař v nemocnici bez čekání, snímky si za účelem lékařského konzilia může prohlížet více lékařů na různých místech. Nevýhodou je enormní nárůst množství dat, která je nutno ukládat v nemocničních informačních systémech. Zde je výhodou, či spíše nutností, možnost dodatečného rozšiřování úložné kapacity systému. Další nevýhodou je značné zatížení počítačové sítě, na které dnes běžné 100 Mb sítě jen ztěží postačují; na zobrazení snímku na stanici NIS je při velkém zatížení sítě někdy třeba čekat několik sekund až desítek sekund, což působí při nutnosti prohlédnout více snímků najednou nemalé potíže.

1.3.2.2 Administrativní část

Do této části systému lze zařadit tato oddělení či agendy:

- správa nemocničního informačního systému
- informační systém managementu
- vykazování výkonů, léků a materiálu pojišťovnam
- hospodářská správa
- evidence majetku
- personální a mzdová agenda
- skladová a zásobovací agenda

1.3.2.3 Provozní část

Provozní část systému pokrývá ostatní činnosti nutné k chodu každého zdravotnického zařízení. Příkladem jsou

- stravovací provoz
- dopravně zdravotní služba

1.3.3 Příklady jednotlivých klinických aplikací nemocničního informačního systému

Příkladem dalších klinických aplikací mohou být

- zpracování výstupů z NIS
 - komentované nálezy
 - klinické výpočty
- počítačová podpora metabolické péče
 - hodnocení poruch acidobazické rovnováhy
 - vyhodnocování nepřímé kalorimetrie
 - plánování dietoterapie
 - plánování infúzní léčby
 - podpora inzulinoterapie
- expertní klinická diagnostika
- modelování a simulace ve vědě a výuce

1.3.4 Interoperabilita informačních systémů ve zdravotnictví

Interoperabilitou se v našem případě rozumí schopnost technického zařízení či software od různých výrobců spolu úspěšně komunikovat a spolupracovat [17].

Z hlediska tématu této práce je nutno zmínit tyto případy interoperability:

- interoperabilita jednotlivých nemocničních informačních systémů
- interoperabilita jednotlivých komponent heterogenního informačního systému
- interoperabilita nemocničního informačního systému a systému PACS

1.3.4.1 Zařazení PACS do nemocničních informačních systémů

Bouřlivý rozvoj techniky v posledních letech umožnil digitálně pořizovat, zpracovávat a ukládat obrazovou lékařskou dokumentaci. Zejména oddělení zobrazovacích metod je velkým producentem dokumentace v obrazové podobě. Vzhledem k obrovské náročnosti obrazové dokumentace na paměťový prostor a přenosové kapacity sítí nebylo možné ještě v 90. letech uvažovat o začlenění modulů pro přenos a zpracování a ukládání obrazové dokumentace do NIS. Systémy PACS byly stavěny na drahých a vysoce výkonných počítačích a z finančního hlediska nebylo možné, aby schopností zobrazit lékařskou obrazovou dokumentaci disponovala každá klientská stanice NIS. Oba systémy se proto po dlouhou dobu vyvíjely odděleně.

V dnešní době již není zpracování obrazové dokumentace na běžném kancelářském počítači problémem, přesto touto schopností disponuje málokterý NIS a tato potřeba se řeší instalací samostatného PACS a jeho propojením se stávajícím NIS pomocí systému zvaného PACS konektor. Zvláštním problémem je pak kvalita počítačových monitorů nemocničního informačního systému. Pokud disponuje tento systém schopností zobrazit obrazovou lékařskou dokumentaci, měl by použitý monitor splňovat požadavky kladené na tzv. diagnostický monitor. V opačném případě může dojít při čtení a posuzování obrazové dokumentace k závažným chybám a přehlédnutím. Zejména problematice použitých monitorů a jejich kvalitě se budu věnovat v praktické části této práce.

1.4 Současný stav problematiky v praxi

V předchozí kapitole jsem se zmiňoval o dlouhodobé snaze vytvořit tzv. úplný nemocniční informační systém, tedy takový, jenž by řešil veškerou agendu zdravotnického zařízení. Tyto snahy dlouhodobě selhávaly na nedostatečnosti hardwarového vybavení – na malé kapacitě datových úložišť, nízké přenosové kapacitě sítí a nízkém výpočetním výkonu serverů i klientských stanic. Současný stupeň rozvoje počítačových technologií již konstrukci úplného informačního systému umožňuje. Zdá se však, že dosavadní snahy o jeho vytvoření slábnou, či spíše že některé fungující systémy jím již vlastně jsou. Pokud je některá agenda řešena samostatným systémem (příkladem může být ekonomický systém – mzdová agenda, účetnictví apod.), v současné době převládající operační systém MS Windows sjednocuje do značné míry uživatelské rozhraní; datová rozhraní již standardizována jsou (Oracle).

V kapitole 1.5 je popsán nemocniční informační systém *WinMedicalc* instalovaný ve Fakultní nemocnici Plzeň, jejímž jsem zaměstnancem. Pracuji na Radiodiagnostickém oddělení, tedy na oddělení zobrazovacích metod, a proto se budu ve zvýšené míře věnovat propojení tohoto informačního systému se zobrazovacími modalitami a také modulu PACS tohoto informačního systému. Z tohoto hlediska se jedná o typický homogenní informační systém, PACS modul je součástí nemocničního informačního

systemu. Pro srovnání zmíním v kapitole 1.6 i představitele druhé skupiny – heterogenní informační systém (samostatný nemocniční informační systém a PACS propojený systémem PACS konektor).

Obě tato řešení, t. j. homogenní informační systém obsahující PACS i řešení odděleného NIS a PACS mají své výhody a nevýhody.

1.5 RDG oddělení Fakultní nemocnice Plzeň-Bory – *WinMedicalc*, systém nepřímé digitalizace *AGFA CR-85, CR-35* a pracovní stanice *Siemens Syngo Imaging XS – VA60B*

1.5.1 Řešení systému nepřímé digitalizace a nemocničního informačního systému na RDG oddělení FN Plzeň-Bory

Ve Fakultní nemocnici v Plzni je instalován nemocniční informační systém *WinMedicalc*. Jedná se o moderní informační systém, který integruje všechny potřebné funkce a aplikace včetně modulu pro zobrazování lékařské dokumentace ve formátu DICOM. Tento modul je určen jako doplněk systému, který umožňuje každému lékaři nahlížet do obrazové dokumentace nemocného ze své stanice v pracovně či na oddělení, není však určen primárně jako pracovní aplikace pro lékaře – radiodiagnostika pro rutinní práci. Proto byla při modernizaci RDG oddělení systémem nepřímé digitální skiaografie zakoupena také pracovní stanice Siemens s programem Syngo Imaging XS – VA60B. Vzhledem k tomu, že pracoviště je dislokováno v několika budovách, ukázalo se s prvními zkušenostmi, že bude nutné vybavit podobnou prohlížečící stanicí i pracoviště ve druhé budově oddělení. Důvodem byla skutečnost, že lékař, pokud byl přítomen v druhé budově, musel popisovat pouze z klientské stanice NIS s riziky z toho vyplývajícími. Otázka, nakolik může být výsledek lékařského nálezu ovlivněn zařízením použitým k prohlížení dokumentace, vedla k výběru tématu praktické části této práce.

Řešení popsané v předchozím odstavci má své výhody i nevýhody. Nevýhodou je jistá dvojkolejnost řešení – existují tak dva archívy rentgenových snímků. Hlavní archív spravovaný nemocničním informačním systémem a pomocné archívy v prohlížečích stanicích. Kapacita pracovních stanic stačí asi na dva měsíce práce, poté jsou snímky automaticky mazány. Pokud je třeba učinit v dokumentaci nějaké změny, je třeba na tuto skutečnost brát zřetel a opravu provést jak v nemocničním informačním systému, tak v pracovních stanicích. Další nevýhodou je, že vyšetření staršího data je třeba pro porovnání kopírovat z archívu NIS zpět do pracovní stanice.

1.5.2 NIS WinMedicalc

WinMedicalc je modulárně stavěný NIS s centralizovanou databází. Na jádro systému je možné snadno napojovat nové moduly. Uložení klinických dat je centralizované a dělení na odbornosti se odehrává na úrovni konfigurace a přístupových práv.

System obsahuje tyto součásti:

- System klinických událostí
- Registr pacientů a historie pojištění
- Registr hospitalizací
- Moduly diagnostické a léčebné dokumentace
- Diagnózy
- Chorobopis
- Laboratorní modul
- Zdravotní účtování
- Statistiky a obecný dotaz
- Farmakoterapie a zápis receptů
- Žádankový a objednávkový systém
- Správa aplikace a číselníků
- WM PACS

V informačním systému WinMedicalc jsou všechny informace o nemocném uloženy důsledně centralizovaně v jediné databázi. Tato databáze dokáže vzhledem ke své hierarchické struktuře pojmout libovolná strukturovaná data o vyšetřování a léčení nemocného bez složitých transformací.

Základem pro uložení informací o nemocném je klinická událost. Tato klinická událost, resp. tato jedna položka v databázi je společným jmenovatelem pro všechny další záznamy, které s touto událostí souvisí. Mohou to být

- lékařská dokumentace
 - formalizovaná dokumentace ve zpracovatelných číslech, kódech nebo znacích
 - neformalizovaná textová dokumentace z vyšetření či ošetření nemocného
 - naskenovaná či přepsaná stará nebo externí papírová dokumentace
- obrazová dokumentace
 - obrazová dokumentace z DICOM vyšetřovacích modalit
 - obrazová dokumentace z ostatních zdrojů (jiné digitální modality, fotografie z vyšetření)
 - obrazová dokumentace převedená do digitální podoby skenerem z filmu
- ekonomická a statistická data
 - příslušné zdravotní výkony, ZÚM, ZÚLP pro vykázání úhrady pojišťovně či nemocnému
 - poplatky a přímé platby nemocného
 - ekonomická data k příslušné události, vykazující spotřebovaný materiál a vytížení zaměstnanců a lékařských přístrojů
 - statistické výkazy
- data související se zabezpečením ochrany údajů
 - evidence přístupů k datům o nemocném
- všechny další údaje vztahující se k provedení a zařazení klinické události

Obrazová dokumentace je neoddělitelnou součástí lékařské dokumentace. Již dříve lékaři přikládali k papírové textové dokumentaci nemocného náčrtky a kresby, později fotografie a pak i rentgenové snímky. Tento trend se po přechodu ze systému papírové dokumentace na elektronickou digitální formu záznamu výrazně zrychlil a obrazová dokumentace se stává zcela běžnou součástí lékařské dokumentace. Systém *WinMedicalc* byl navržen se zřetelem na tuto skutečnost a proto umožňuje uložení obrazové dokumentace a současně obsahuje modul *WM PACS* určený k prohlížení této dokumentace ve formátu DICOM 3.0.

1.5.2.1 WM PACS systému WinMedicalc

Tento modul je nedělitelnou součástí NIS *WinMedicalc*. Oddělená správa a prohlížení obrazové dokumentace v nemocničních informačních systémech je autory systému *WinMedicalc* považována za omyl. Jedním z důvodů, proč tomu tak často je, byla jistě potřeba odlišných znalostí nutných pro vývoj těchto systémů. Toto řešení však bylo dáno spíše důvody technickými – pracovní stanice systémů PACS pro zpracování obrazové dokumentace byly v dobách, kdy docházelo k rozvoji nemocničních informačních systémů, ještě velmi nákladné a z ekonomických důvodů nebylo možné vybavit jimi každou ordinaci či oddělení v nemocnici. Vývoj nemocničních informačních systémů a systémů PACS proto probíhal po dlouhou dobu odděleně. Teprve přechod PACS systémů na platformu PC a MS Windows umožnil sloučení těchto systémů do homogenního nemocničního informačního systému.

Výhody tohoto řešení jsou zřejmé – lékařská dokumentace se s postupem digitalizace stává multimediální. Do lékařské dokumentace se vkládají digitální snímky nejen z výpočetní tomografie či digitální skiografie, ale i z různých optických vyšetřovacích přístrojů, jako jsou endoskopy, přístroje pro vyšetření očního pozadí, naskenované papírové záznamy a podobně. *WM PACS* systému *WinMedicalc* je na multimediální lékařskou dokumentaci připraven.

Systém *WM PACS* však nebyl koncipován jako konkurence či náhrada za specializované prohlížeče výrobců digitálních zobrazovacích modalit s možnostmi sofistikované rekonstrukce a úpravy obrazu z primárních dat. Pro rekonstrukci a popis snímků je proto nutné použít specializovaný prohlížeč. Výsledky vyšetření uložené pak do NIS zpřístupní *WM PACS* na každou stanici NIS. Každý oprávněný lékař má pak možnost při čtení textového popisu vyšetření prohlížet si i obrazovou dokumentaci. Archiv DICOM obrázků má kapacitu mnoha TB – data jsou uložena na diskovém poli bez toho, aby byla starší dokumentace přesouvána na magnetické pásky či CD či DVD archivy. Přístup k dokumentaci je proto velmi rychlý, též vzhledem k aplikaci databáze Oracle.

Transakční způsob ukládání dat zamezuje konfliktům při současném přístupu k záznamu v databázi z více míst. Systém je též vybaven kontrolou konzistentnosti dat.

Výhodné je také spárování lékařské DICOM dokumentace s textovým popisem, vyhodnocením výkazů výkonů a ekonomickými ukazateli, jako je využití přístrojů. *WinMedicalc* umožňuje transformaci žádanky na worklist modalitě a následné přiřazení obrazové dokumentace této klinické události.

Prohlížeč umožňuje prohlížet snímky přímo z diskového pole databázového serveru. Při vyšších požadavcích na rychlost prohlížení je možné obrazovou dokumentaci nahrát na lokální disk klientské stanice NIS. Takový postup je vhodný např. při přípravě obrazové vizity, kdy zkracuje prodlevy při načítání obrázků. Prohlížečem *WM PACS* je též možné nahrát dokumentaci z archivu systému na optická média na kterékoli stanici systému, je-li vybavena potřebnou mechanikou. Prohlížeč je testován pro použití monitorů EIZO, v principu lze použít jakýkoli monitor.

1.5.3 Pracovní stanice Siemens Syngo Imaging XS – VA60B

Jak jsem již zmínil v předchozím textu, prohlížeč nemocničního informačního systému není určen pro nasazení v rutinní práci radiodiagnostického oddělení. Je koncipován jako doplněk NIS, umožňující přístup k obrazovým datům nemocných všem lékařům z jakékoli stanice NIS, ovšem s omezenou paletou nástrojů a možností. Proto byla na oddělení instalována ještě pracovní stanice Siemens s prohlížečím programem *Syngo Imaging XS – VA60B*. Vzhledem k tomu, že jsou pracoviště RDG oddělení umístěna v několika od sebe vzdálených budovách s docházkovou vzdáleností asi 15 minut, byl systém doplněn ještě o další podružnou pracovní stanici Siemens ve druhé budově pro možnost vzdáleného popisu snímků. Nevýhodou tohoto řešení je jisté rozdvojení archivu snímků, snímky se pro potřebu popisů po omezenou dobu ukládají také na pevném disku pracovních stanic. V případě, že už byly z prohlížečích stanic smazány (kapacita disku odpovídá asi 2 měsícům běžného provozu pracoviště), je možné je pro potřeby srovnání nakopírovat z nemocničního informačního systému *WinMedicalc* zpět do stanice.

1.5.4 Systém nepřímé digitalizace AGFA CR-85X

AGFA CR-85X je digitizér rentgenového obrazu určený pro rentgenová pracoviště nepřímé digitální skiografie. Zařízení je vybaveno zásobníkem na 10 kazet. Určeno

je jak pro běžnou skiografii hrudníku a končetin, tak i pro mamografii. Základní parametry jsou přehledně uvedeny v Tab. 1.

Nedílnou součástí zařízení je pracovní stanice, sloužící k zadávání údajů, ovládní zařízení a k úpravě a správě zhotovených snímků. Ovládací program *AGFA NX* umožňuje zadávat údaje o nemocném do systému ve spolupráci s nemocničním informačním systémem *WinMedicalc* (funkce *worklist*). Snižuje se tak možnost zanesení chyb do systému a zrychluje průběh vyšetření. Na výběr je dostatečné množství programů, resp. předvoleb pro všechny druhy vyšetření. Použitá předvolba nastavuje parametry čtení digitizéru – citlivost a rozlišení. Současně určuje způsob následného zpracování surových dat, tzv. *postprocessingu*, s ohledem na druh vyšetření (zejména vyvážení jasu a kontrastu obrazu) tak, aby obraz poskytoval maximum diagnostických informací. Nechybí možnost dodatečné úpravy jasu a kontrastu a možnost zakrytí nevýznamných oblastí snímku (*kolimace*).

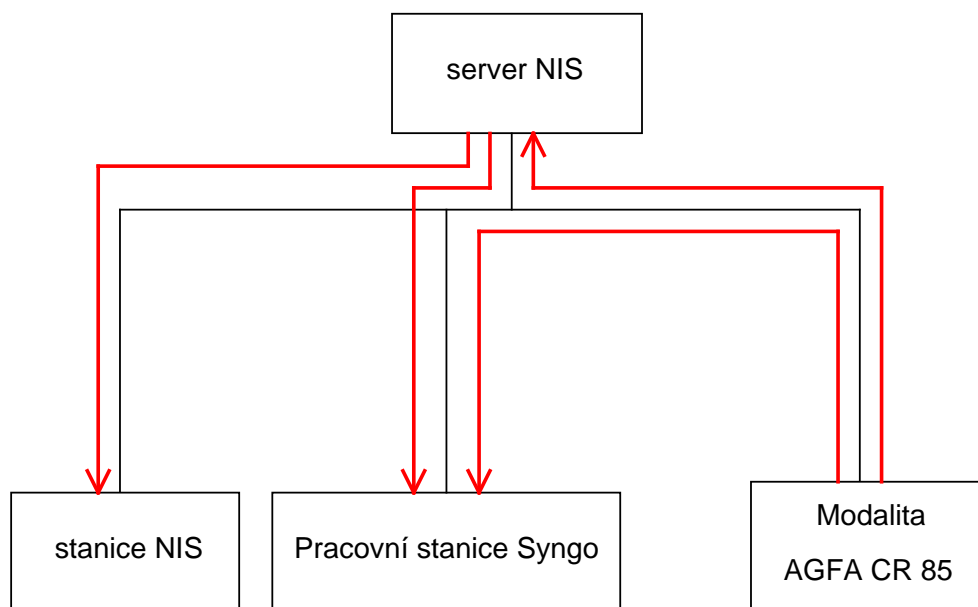
Tab. 1: Přehled obrazových parametrů digitizéru *AGFA CR-85 X*

rozlišení	velikost kazety (cm) (výběr)	rozlišení (bodů / mm)	bodová vzdálenost (μm)	velikost obrazu (bodů)
standardní	35 x 43	6	150	2320 x 2828
	35 x 35		150	2320 x 2320
vysoké	35 x 43	10 (volitelně)	100	3480 x 4240
	35 x 35	10 (volitelně)	100	3480 x 3480
	21 x 43	10	100	2020 x 4240
	24 x 30	10	100	2320 x 2920
	18 x 24	10	100	1720 x 2320
mamografie	24 x 30	20	50	4760 x 5840
	18 x 24	20	50	3560 x 4640

Snímky z pracovní stanice je možno odesílat automaticky na tři destinace, ručně na libovolné množství dalších destinací. V našem případě se snímky automaticky odesílají do nemocničního informačního systému *WinMedicalc* a do pracovní stanice *Siemens Syngo*, kde je hodnotí lékař.

Z hlediska této práce je důležité, zda se snímek tak, jak jej vidí na monitoru CR stanice radiologický asistent, jeví i na ostatních stanicích NIS. Proto byla i tato stanice zahrnuta do hodnocení kvality zobrazení, ačkoli slouží k popisu snímků jen ve výjimečných případech (zejména při výpadku počítačové sítě).

1.5.5 Schéma propojení jednotlivých komponent NIS a PACS na Radiodiagnostickém oddělení FN Plzeň-Bory



Tok obrazových dat

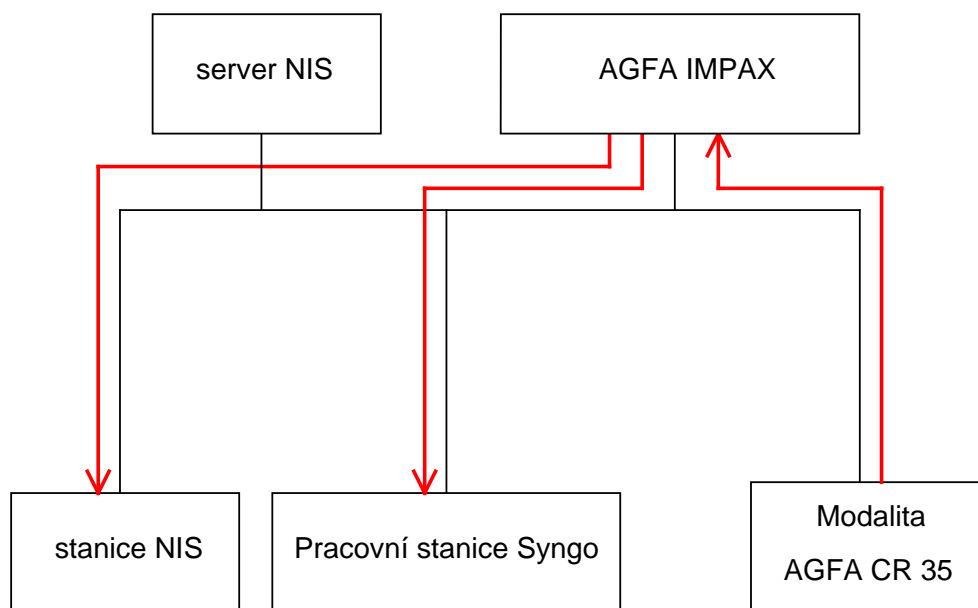
Obr. 1: Schéma propojení NIS a PACS na RDG oddělení FN Plzeň-Bory

1.6 Klatovská nemocnice – *Stapro Akord*, systém nepřímé digitalizace *AGFA CR-35* a *AGFA IMPAX*

Pro srovnání uvádím architekturu informačního systému Klatovské nemocnice. Filosofie tamního systému se od systému použitého ve FN Plzeň liší. Centrální úložiště obrazových dat je součástí systému *Agfa Impax*, zatímco textová data nemocných jsou uložena na serveru nemocničního informačního systému *Stapro Akord*. Komunikace mezi oběma systémy je zajištěna protokolem HL7. Při načítání rentgenového snímku do systému využije obsluha žádanky připravené v nemocničním informačním systému. Tím se jednak omezí pravděpodobnost omylu obsluhy chybným zadáním, jednak dojde k propojení obou záznamů v databázích ve dvou fyzicky oddělených úložištích tak, že

se systém uživateli jeví jako homogenní. Z nemocničního informačního systému lze tak přímo přistupovat k obrazovým datům nemocných.

1.6.1 Schéma propojení jednotlivých komponent NIS a PACS na Radiodiagnostickém oddělení Klatovské nemocnice



Tok obrazových dat

Obr. 2: Schéma propojení NIS a PACS na RDG oddělení Klatovské nemocnice

Ze schématu je patrný rozdíl oproti řešení popsanému na schématu v kapitole 1.5.5. Obrazová data nejsou ukládána na serveru NIS, nýbrž na serveru PACS. Pokud si chce lékař prohlédnout na klientské stanici NIS obrazovou dokumentaci, dojde ke komunikaci mezi serverem NIS a serverem systému PACS, který odešle obrazovou dokumentaci na příslušnou klientskou stanici.

Lékaři radiologického oddělení popisují snímky na monitorech PACS systému.

2 Cíle práce a hypotézy

Vzhledem ke svému profesnímu zaměření (pracuji jako radiologický asistent na Radiodiagnostickém oddělení FN Plzeň-Bory) jsem se ve své práci zaměřil na ty komponenty informačních systémů, jež umožňují zpracování, přenos a ukládání obrazové dokumentace nemocných s ohledem na jejich kvalitu.

V současné době dochází na radiodiagnostických pracovištích FN Plzeň-Bory k modernizaci provozu a postupnému přechodu na digitální provoz. Pracoviště jsou vybavována zařízením nepřímé digitální skiografie a stanice nemocničního informačního systému schopností zobrazit digitální lékařskou obrazovou dokumentaci ve formátu DICOM. Každý lékař tak má možnost kdekoli v nemocnici, kde je stanice NIS, nahlédnout do obrazové dokumentace nemocného. Tyto stanice jsou však vzhledem k jejich vysokému počtu z ekonomických důvodů vybavovány běžnými kancelářskými počítači i monitory. Kvalita těchto monitorů je však velmi nízká oproti specializovaným pracovním stanicím s diagnostickými monitory určenými ke čtení obrazové dokumentace. Lze se tedy domnívat, že čtení obrazové dokumentace na běžném kancelářském monitoru může vést k vyšší nejistotě lékaře nebo až nerozpoznání nálezu nemocného.

Cílem práce je nalézt a statisticky ověřit vhodnou metodiku a porovnat kvalitu zobrazení na diagnostických monitorech prohlížečí stanice rentgenových snímků a na běžných monitorech stanic nemocničního informačního systému radiodiagnostického oddělení FN Plzeň-Bory za použití jen na oddělení dostupných prostředků.

Pro praktickou část práce jsem stanovil dvě hypotézy. První hypotézou je tvrzení, že použitá metodika má dostačující vypovídací schopnost o závislosti mezi hodnocením zobrazení použitých technických obrazců a jistotou lékaře, se kterou hodnotí skutečný snímek nemocného s diskrétním nálezem. Druhou hypotézou je tvrzení, že nedostatečná kvalita použitého řešení zapříčiňuje vyšší nejistotu lékaře při hodnocení snímků a může tak způsobit lékařům a ostatnímu zdravotnickému personálu vážné problémy při práci a v horším případě může dojít i k poškození nemocného vinou nerozpoznání nálezu.

3 Metodika

Provedl jsem test kvality zobrazení na konkrétních pracovních stanicích a klient-ských stanicích nemocničního informačního systému s cílem jednak zhodnotit, zda při práci na méně kvalitním zařízení nevzniká riziko chybného nálezu vinou špatného zobrazení rentgenového snímku na případně nekvalitním monitoru, jednak ověřit, zda použitá metodika podává relevantní výsledky.

Jako metodiku testu jsem zvolil řízený rozhovor s uživateli nemocničního informačního systému. Účastníky testu byli lékaři – radiologové, zaměstnaní na Radiodiagnostickém oddělení FN Plzeň-Bory. Vzhledem k nedostupnosti drahé měřicí techniky jsem neprováděl žádná měření, ale pokusil jsem se srovnat hodnocení zobrazení testovacích obrazců s jistotou lékaře hodnotícího diskrétní nález nemocného z rentgenového snímku.

Vybral jsem kontrolní obrazce určené k hodnocení kvality zobrazovacího řetězce a stanovil hodnocené parametry. Jako první jsem použil obrazec SMPTE, na němž jsem v řízeném rozhovoru zjišťoval průběh gradační křivky, rozlišení kontrastu při nízkém a vysokém jasu a rozlišení monitoru (kapitola 3.3.1). Jako druhý obrazec jsem použil snímek rentgenového fantomu určeného ke kontrole kvality na zařízeních digitální skiaografie (kapitola 3.3.2). Fantom je dodáván v kompletu se softwarem, který však v době provádění testů pro praktickou část této práce nebyl k dispozici. Jako poslední hodnotili respondenti snímek člověka se zlomeninou stehenní kosti (kapitola 3.3.3).

3.1 Podmínky provedeního testování

Přesné nastavení celého zobrazovacího řetězce na radiodiagnostickém pracovišti je poměrně náročné na přístrojové vybavení. Základní nastavení zařízení pro nepřímou digitalizaci *AGFA CR-85X* zajistila firma AGFA, která dále umožnila zapůjčením soupravy pro kontrolu kvality *Auto QC²* provedení celého testu. Po pečlivém nastavení byl proveden subjektivní test zobrazení na monitoru konzole digitizéru, na monitoru vyhod-

nocovací stanice *Siemens Syngo* a na několika monitorech klientských stanic nemocničního informačního systému. Hodnocen byl kontrolní technický obrazec, snímek fantomu soupravy pro kontrolu kvality *Auto QC²* a snímek nemocného s diskrétním nálezem, který byl verifikován další vyšetřovací metodou a posléze i operačně.

Jednotlivé pracovní stanice a stanice NIS byly hodnoceny vždy jako celek, hodnocen tedy nebyl jen např. monitor, ale celá stanice včetně grafického adaptéru a příslušného softwaru.

Při provedení testu jsem dodržoval základní podmínky stanovené v publikaci [12] Státního úřadu pro jadernou bezpečnost pro zkoušky provozní stálosti obrazových displejů pro skiografii a skiaskopii. Monitory byly zapnuty alespoň 30 minut před zahájením testování aby se ustálily jejich parametry.

Zobrazení na monitoru, resp. subjektivní dojem, je ovlivněn okolním osvětlením. Světlo dopadající na monitor se odráží od stínítka a přičítá se k emitovanému světlu. Proto jsem během testu kontroloval hladinu osvětlení v místnostech luxmetrem *CandelaLUX* firmy Pehasoft a udržoval ji na hodnotě nepřesahující 100 lx. Odstranil jsem případné další rušivé světelné zdroje, jež by mohly ovlivnit výsledky testu.

3.2 Stanice a monitory zařazené do testu

- **Modalita – systém nepřímé digitalizace *Agfa CR-85X***
 - Pracovní stanice systému nepřímé digitalizace. K popisu snímků se používá pouze v nouzi při výpadku počítačové sítě, slouží však radiologickému asistentovi k primární úpravě snímku. Tak, jak se jeví snímek na monitoru této stanice, by se měl zobrazovat na všech ostatních monitorech ostatních stanic NIS.
 - Vlastní prohlížeč *Agfa* součástí softwaru *Agfa NX 2*
 - Monitor *Barco MFCD 1219 TS*
 - dotykový barevný monitor
 - technologie LCD
 - rozlišení 1280 x 1024 bodů, úhlopříčka 19"
 - bodová rozteč 0,294 mm

- jas 220 cd/m², kontrast 800:1
- Grafický adaptér Intel Q965 / Q963 Express Chipset Family
- **Pracovní stanice pro popis snímků Siemens Syngo**
 - Pracovní stanice vybavená dvěma diagnostickými a jedním obslužným monitorem primárně určená k popisu rentgenových snímků lékařem – radiologem v běžném provozu.
 - Prohlížeč Siemens Syngo Imaging XS – VA60B
 - Monitory NEC MD21GS-3MP
 - černobílý monitor pro diagnostické zobrazování
 - technologie LCD
 - úhlopříčka 21,3"
 - rozlišení 2048 x 1536 bodů
 - bodová rozteč 0,21 mm
 - jas 400 cd/m² kal., 700 cd/m² max., kontrast 700:1
 - Grafický adaptér Matrox RAD PCIe
- **Stanice NIS č. 1**
 - Stanice je umístěna na pokoji lékařů a používá se k popisu snímků poměrně často.
 - Prohlížeč WM PACS
 - Monitor Eizo Radiforce R22
 - barevný monitor určený pro diagnostické zobrazování především z modalit, jež poskytují barevný výstup (výpočetní tomografie, magnetická rezonance)
 - technologie LCD
 - úhlopříčka 21,3"
 - rozlišení 1600 x 1200 bodů
 - bodová rozteč 0,27 mm
 - jas 250 cd/m², kontrast 550:1
 - Grafický adaptér Rage 128 PRO Ultra GL AGP

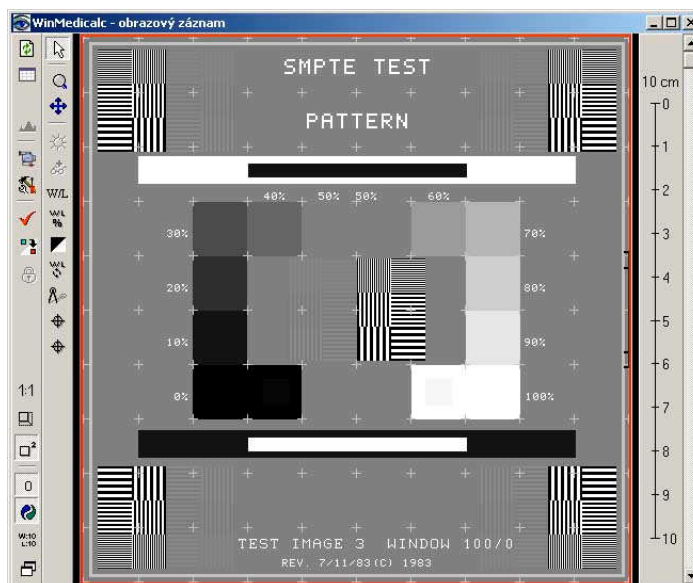
- **Stanice NIS č. 2**
 - Stanice se používá pro občasné srovnání s nálezem vyšetření staršího data, jež už bylo smazáno z paměti pracovní stanice určené pro popis snímku, poblíž které je umístěna. Primárně slouží k zadávání údajů do NIS.
 - Prohlížeč WM PACS
 - Monitor Dell 1704 FPT
 - barevný kancelářský monitor nižší cenové kategorie
 - technologie LCD
 - úhlopříčka 17"
 - rozlišení 1280 x 1024 bodů, nastavené rozlišení 1024 x 768 bodů
 - Grafický adaptér Rage 128 PRO Ultra GL AGP
- **Stanice NIS č. 3**
 - Tato stanice se pro popis snímků nepoužívá.
 - Prohlížeč WM PACS
 - Monitor AOC
 - barevný kancelářský monitor
 - technologie CRT
 - úhlopříčka 17"
 - optimální rozlišení 1024 x 768 bodů, nastavené rozlišení 800 x 600 bodů
 - Grafický adaptér Rage 128 PRO Ultra GL AGP
- **Stanice NIS č. 4**
 - Tato stanice se pro popis snímků nepoužívá, stejná konfigurace se ale používá u mnoha stanic v ordinacích a na odděleních nemocnice.
 - Prohlížeč WM PACS
 - Monitor Samsung SyncMaster 797MB
 - barevný kancelářský monitor
 - technologie CRT
 - úhlopříčka 17"
 - optimální rozlišení 1024 x 768 bodů
 - Grafický adaptér Rage 128 PRO Ultra GL AGP

- **Stanice NIS č. 5**
 - Tato stanice se pro popis snímků nepoužívá.
 - Prohlížeč WM PACS
 - Monitor Samsung SyncMaster 797MB
 - barevný kancelářský monitor
 - technologie CRT
 - úhlopříčka 17"
 - optimální rozlišení 1024 x 768 bodů, nastavené rozlišení 800 x 600 bodů
 - Grafický adaptérRadeon 7000 AGP (Radeon VE Family)

3.3 Popis použitých kontrolních obrazců a snímků

3.3.1 Kontrolní technický obrazec

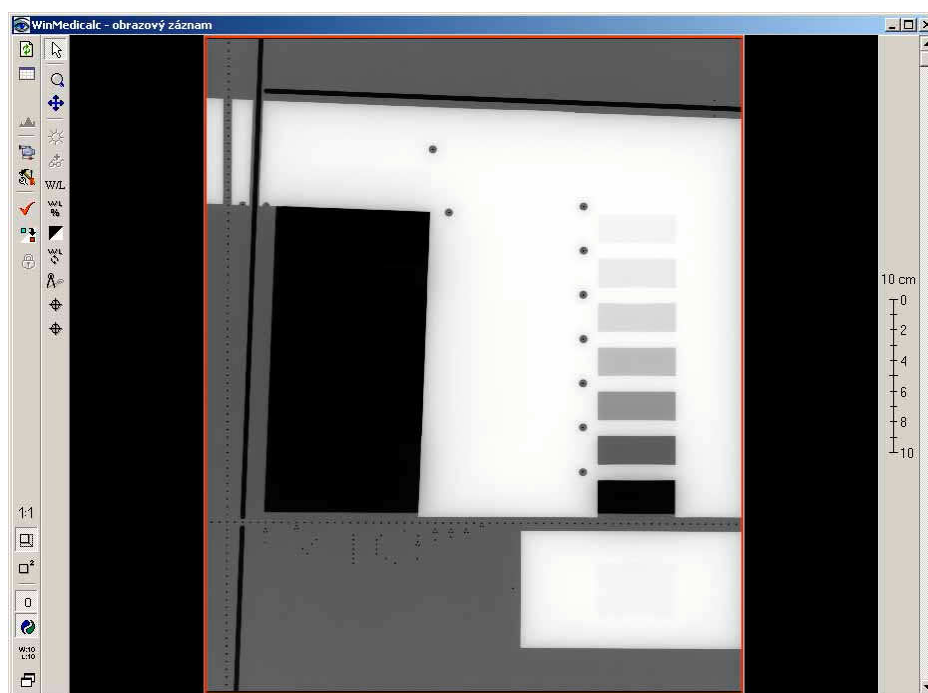
Jako technický kontrolní obrazec byl použit SMPTE obrazec určený pro kontrolu monitorů. Základní položkou v obrazci je gradační stupnice. Jednotlivá pole stupnice jsou odstupňována po 10% skocích jasu. Koncová pole jsou zdvojena a v krajních polích o jasu 0 a 100 % jsou vnořeny menší čtverce o denzitě 5, resp. 95 %. Při správném nastavení zobrazovacího zařízení musí být celá stupnice zobrazena rovnoměrně, přechody mezi úrovněmi nesmí zanikat a měly by být patrné oba vnořené čtverce s 5% rozdílem na koncích stupnice. Další položkou na obrazci jsou pruhy sloužící ke kontrole ostrosti monitoru. Pokud zobrazovací řetězec nereprodukuje kontrolní obrazec v jeho nativní velikosti, může být ostrost, resp. v tomto případě zobrazení kontrolních pruhů, znehodnoceno algoritmem užitým pro převzorkování. Na to je třeba brát zřetel.



Obr. 3: Kontrolní SMPTE obrazec

3.3.2 Snímek fantomu soupravy *Auto QC²*

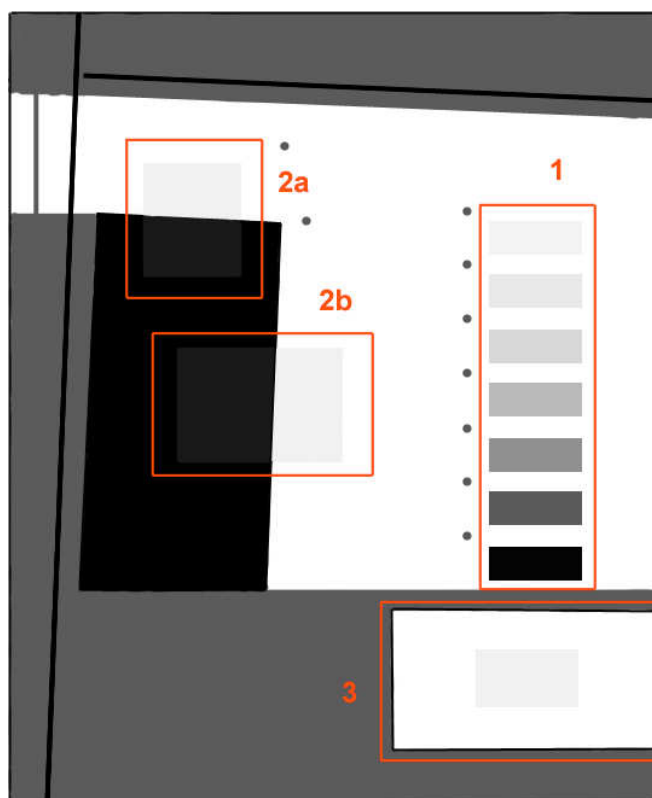
Pro zobrazení kontrolního obrazce zahrnujícího celý zobrazovací řetězec včetně rentgenového přístroje, kazety s paměťovou fólií a systému nepřímé digitalizace byl použit fantom sady pro kontrolu kvality obsažený v soupravě *Auto QC²* firmy AGFA. Rentgenový snímek fantomu tak, jak se zobrazuje v prohlížeči *WM PACS* klinického informačního systému je na Obr. 4. Snímek byl pořízen na kazetu *AGFA CR MD 4.0* přístrojem *Siemens MultiTop* malým ohniskem při napětí na rentgence 75 kV a za použití 20 mm Al fantomu.



*Obr. 4: Rentgenový snímek fantomu soupravy *AUTO QC2* pořízený přístrojem *Multix Top*; přidavné zeslabení 20 mm Al*

Fantom *Auto QC²* je poměrně složitý a slouží ke kontrole kvality s automatickým vyhodnocením měření počítačovým programem dodávaným spolu s fantomem. Pro účel této práce jsem využil jen některé struktury obsažené ve fantomu. Kvalita tisku této práce však neumožňuje zobrazení fantomu tak, aby byly všechny jeho prvky řádně patrné. Proto jsem zhotovil nákres fantomu.

Na Obr. 5 jsou jednotlivé struktury fantomu objasněny na nákresu. Hodnocení viditelnosti se týká struktur označených červeným rámečkem. Byla posuzována rovnoměrnost zobrazení klínového filtru (1), viditelnost polí o nízkém rozdílu denzit (2a, 2b) a viditelnost pole (3).



Obr. 5: Nákres fantomu s vyznačením sledovaných struktur

Respondenti udávali rovnoměrnost zobrazení tak, jak ji vidí, v procentech, stejně jako viditelnost ostatních prvků.

Hodnocení těchto technických obrazců bylo třeba porovnat s hodnocením skutečného rentgenového snímku nemocného s nejasným, diskrétním nálezem. Z hypotézy práce vyplývá, že stanice NIS s monitorem, který nebyl hodnocen v zobrazení technických snímků dobře, způsobí problémy při hodnocení reálných snímků nemocných. V testu byla hodnocena jistota lékaře hodnotícího zkušební snímek nemocného. Pro

tento účel jsem z archivu našeho oddělení vybral snímek kyčelního kloubu se zlomeninou krčku kosti stehenní.

3.3.3 Snímek kyčelního kloubu s pertrochanterickou frakturou

Ke srovnání kvality zobrazení technických obrazců s jistotou lékaře při popisu snímků byl vybrán snímek nemocného s nejasným nálezem v oblasti krčku kosti stehenní.



Obr. 6: Snímek nemocného s pertrochanterickou frakturou krčku kosti stehenní

Tento nález byl ověřen další vyšetřovací metodou (výpočetní tomografií) a posléze operačně jako pertrochanterická fraktura krčku kosti stehenní vpravo. Vzhledem k pochybnostem lékaře, který z tohoto snímku nechtěl učinit definitivní rozhodnutí, jsem považoval snímek za vhodný pro zařazení do testu. Lékař posuzoval tento snímek na pracovní stanici Siemes Syngo vybavené diagnostickými monitory. Z hypotézy práce soudím, že pokud by jej posuzoval na některé ze stanic nemocničního informačního systému vybavené pouze kancelářským monitorem, nález by mohl přehlédnout.

3.4 Popis otázek k řízenému rozhovoru o kvalitě snímků

Respondenti odpovídali na otázky v řízeném rozhovoru, přičemž kvalitu kritéria vyjadřovali v procentní škále s odstupňováním po 5 %. Pokud např. považovali jas určitého pole za náležitý či odstupňování škály za zcela rovnoměrné, výsledek hodnotili 100 %. Obdobné hodnocení jsem použil i u snímku nemocného. Pokud lékař na snímku zcela jasně rozeznal nález, hodnotil jej jako 100 %. Pokud váhal, hodnocení snížil.

3.4.1 Kontrolní technický obrazec

Při posuzování kvality zobrazení SMPTE obrazce odpovídal respondent na tyto otázky:

- Jeví se pole o jasu 100 % jako úplně bílé nebo není jas dostatečný a pole je spíše šedé?
- Jeví se pole o jasu 0 % jako úplně černé nebo jas vyšší a pole je spíše šedé?
- Je menší vnořený čtverec o jasu 95 % v poli o jasu 100 % vidět jako 5% rozdíl jasu?
- Je menší vnořený čtverec o jasu 5 % v poli o jasu 0 % vidět jako 5% rozdíl jasu?
- Je škála odstínů šedé zobrazena rovnoměrně v celém rozsahu?
- Je rozlišení ve vysokém kontrastu dostatečné, t. j. je zřetelně zobrazeno i pole s nejvyšší hustotou čar?
- Je rozlišení v nízkém kontrastu dostatečné, t. j. je zřetelně zobrazeno i pole s nejvyšší hustotou čar?

3.4.2 Snímek fantomu soupravy *Auto QC²*

Při posuzování kvality zobrazení fantomu *Auto QC²* odpovídal respondent na tyto otázky:

- Je škála odstínů (1) zobrazena rovnoměrně v celém rozsahu?
- Je uvnitř pole (3) patrný nějaký prvek nebo je pole prázdné?
- Je v rozsahu polí (2a) a (2b) patrný nějaký prvek nebo jsou prázdná?

Nákres fantomu z Obr. 5 neměl respondent před hodnocením ani během hodnocení k dispozici.

3.4.3 Snímek nemocného s pertrochanterickou frakturou kosti stehenní

Při posuzování snímku konkrétního nemocného odpovídal respondent na otázku, zda na snímku nemocného vidí traumatické kostní změny. Jistotu, s níž byl schopen o nález rozhodnout, vyjadřoval v procentní stupnici.

3.5 Způsob vyhodnocení získaných dat

Výsledky získané řízeným rozhovorem jsem sestavil do tabulek a zhotovil příslušné grafy. V grafech jsem pak také srovnal výsledky hodnocení jednotlivých prvků testovacích obrazců s jistotou lékaře při hodnocení snímku nemocného tak, jak ji uvedli v řízeném rozhovoru.

Aby bylo možno posoudit, zda tato metodika přináší vypovídající výsledky, bylo provedeno hodnocení statistickou metodou regresní analýzy, hodnotící vztah mezi jednotlivými hodnocenými parametry testovacích obrazců a jistotou lékaře při popisu snímku nemocného. Vyjádřil jsem závislost jistoty posuzování nálezů nemocného na sledovaných parametrech – na parametrech kontrastu, rozlišení a hodnocení fantomu. Pro vlastní výpočet jsem použil program Statgraphics. Pro statistické hodnocení rozdílů mezi výsledky hodnocení diagnostických stanic a běžných stanic NIS nebyl k dispozici dostatek provedených testů – na oddělení jsou k dispozici pouze dvě diagnostické pracovní stanice a pět stanic NIS. Porovnal jsem tedy pouze průměrné hodnocení jednotlivých stanic NIS s každou jednotlivou diagnostickou stanicí.

4 Výsledky

4.1 Přehled výsledků podle jednotlivých stanic

V následujících kapitolách jsou zapsány výsledky řízeného rozhovoru pro každou jednotlivou pracovní stanicí či stanicí NIS a pro každý testovaný obrazec.

Následně jsem vypočítal průměrná hodnocení pro každý jednotlivý parametr testovacích obrazců a dále průměrné hodnocení skupin parametrů: průměrné hodnocení parametrů kontrastu, parametrů rozlišení a průměrnou jistotu hodnocení reálného snímku nemocného respondenty.

Získané průměrné hodnoty jsou pak porovnány graficky. Porovnávám průměrnou jistotu hodnocení snímku s hodnocením parametrů jasu a kontrastu v oddělených grafech.

4.1.1 Modalita – systém nepřímé digitalizace Agfa CR-85X

Tab. 2: Výsledky řízeného rozhovoru pro stanici systému nepřímé digitalizace

položka / respondent	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
jas 100 %	100	95	95	90	90	90	95	90	95	100
jas 0 %	95	100	100	100	100	100	95	95	95	100
rozdíl 95 % a 100 %	100	95	93	100	90	100	100	100	95	100
rozdíl 5 % a 0 %	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
rovnoměrnost škály	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
rozlišení ve VK	100	80	100	100	100	100	100	90	100	100
rozlišení v NK	100	90	100	100	100	100	100	100	100	100
rovnoměrnost škály	100	90	90	100	100	100	95	95	100	100
objekt 1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
objekty 2 a 3	100	95	100	100	90	90	95	95	95	100
snímek nemocného	100	50	50	65	100	90	40	50	70	80

Průměrné hodnocení jednotlivých parametrů SMPTE obrazce:

- jas 100 % 93,5 %
- jas 0 % 98 %
- rozdíl 95 % a 100 % 97,3 %
- rozdíl 5 % a 0 % 100 %
- rovnoměrnost škály 100 %
- rozlišení ve vysokém kontrastu 97 %
- rozlišení v nízkém kontrastu 99 %

Průměrné hodnocení jednotlivých parametrů fantomu *Auto QC*²:

- rovnoměrnost škály 97 %
- viditelnost objektu (1) 100 %
- viditelnost objektů (2) a (3) 96 %

Průměrná jistota hodnocení snímku nemocného: 69,5 %

Tab. 3: Průměrné hodnocení skupin parametrů pro stanici systému nepřímé digitalizace

Průměrné hodnocení parametrů kontrastu SMPTE obrazce	97,76 %
Průměrné hodnocení parametrů rozlišení SMPTE obrazce	98 %
Průměrné hodnocení jednotlivých parametrů fantomu <i>Auto QC²</i>	97,67 %
Průměrná jistota hodnocení snímku nemocného	69,5 %

4.1.2 Pracovní stanice pro popis snímků Siemens Syngo

Tab. 4: Výsledky řízeného rozhovoru pro pracovní stanici určené k popisu snímků

položka / respondent	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
jas 100 %	100	95	100	100	95	100	98	95	100	100
jas 0 %	95	100	100	100	100	100	98	100	100	100
rozdíl 95 % a 100 %	100	95	95	95	90	90	95	95	90	95
rozdíl 5 % a 0 %	100	100	100	95	80	90	100	95	95	100
rovnoměrnost škály	100	100	100	100	100	100	100	95	100	100
rozlišení ve VK	100	95	100	100	100	100	100	100	100	100
rozlišení v NK	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
rovnoměrnost škály	100	100	95	100	100	95	100	95	100	100
objekt 1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
objekty 2 a 3	75	80	95	50	90	50	60	60	70	80
snímek nemocného	100	75	80	75	100	100	90	80	70	100

Průměrné hodnocení jednotlivých parametrů SMPTE obrazce:

- jas 100 % 98,3 %
- jas 0 % 99,3 %
- rozdíl 95 % a 100 % 94 %
- rozdíl 5 % a 0 % 95,5 %
- rovnoměrnost škály 99,5 %
- rozlišení ve vysokém kontrastu 99,5 %
- rozlišení v nízkém kontrastu 100 %

Průměrné hodnocení jednotlivých parametrů fantomu *Auto QC*²:

- rovnoměrnost škály 98,5 %
- viditelnost objektu (1) 100 %
- viditelnost objektů (2) a (3) 71 %

Průměrná jistota hodnocení snímku nemocného: 87 %

Tab. 5: Průměrné hodnocení skupin parametrů pro pracovní stanici určené k popisu snímků

Průměrné hodnocení parametrů kontrastu SMPTE obrazce	97,32 %
Průměrné hodnocení parametrů rozlišení SMPTE obrazce	99,75 %
Průměrné hodnocení jednotlivých parametrů fantomu <i>Auto QC²</i>	89,83 %
Průměrná jistota hodnocení snímku nemocného	87 %

4.1.3 Stanice NIS č. 1

Tab. 6: Výsledky řízeného rozhovoru pro stanici NIS č. 1

položka / respondent	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
jas 100 %	100	95	90	90	90	95	90	90	95	100
jas 0 %	100	100	100	100	100	100	95	100	100	100
rozdíl 95 % a 100 %	100	100	93	100	100	100	100	95	100	100
rozdíl 5 % a 0 %	90	100	100	90	90	90	95	90	95	95
rovnoměrnost škály	100	100	100	100	100	100	98	95	100	100
rozlišení ve VK	100	80	100	100	100	100	100	95	100	100
rozlišení v NK	100	95	100	100	100	100	100	100	100	100
rovnoměrnost škály	90	90	95	100	100	95	98	95	100	100
objekt 1	100	90	95	100	100	100	100	95	100	100
objekty 2 a 3	0	20	80	35	30	10	20	30	15	25
snímek nemocného	90	50	50	50	70	60	75	60	50	75

Průměrné hodnocení jednotlivých parametrů SMPTE obrazce:

- jas 100 % 93,5 %
- jas 0 % 99,5 %
- rozdíl 95 % a 100 % 98,8 %
- rozdíl 5 % a 0 % 93,5 %
- rovnoměrnost škály 99,3 %
- rozlišení ve vysokém kontrastu 97,5 %
- rozlišení v nízkém kontrastu 99,5 %

Průměrné hodnocení jednotlivých parametrů fantomu *Auto QC²*:

- rovnoměrnost škály 96,3 %
- viditelnost objektu (1) 98 %
- viditelnost objektů (2) a (3) 26,5 %

Průměrná jistota hodnocení snímku nemocného: 63 %

Tab. 7: Průměrné hodnocení skupin parametrů pro stanici NIS č. 1

Průměrné hodnocení parametrů kontrastu SMPTE obrazce	96,92 %
Průměrné hodnocení parametrů rozlišení SMPTE obrazce	98,5 %
Průměrné hodnocení jednotlivých parametrů fantomu <i>Auto QC²</i>	73,6 %
Průměrná jistota hodnocení snímku nemocného	63 %

4.1.4 Stanice NIS č. 2

Tab. 8: Výsledky řízeného rozhovoru pro stanici NIS č. 2

položka / respondent	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
jas 100 %	95	90	90	90	95	90	90	95	95	100
jas 0 %	100	100	100	100	100	100	95	95	100	100
rozdíl 95 % a 100 %	85	100	100	100	100	100	100	95	100	100
rozdíl 5 % a 0 %	100	10	80	50	10	20	70	30	40	70
rovnoměrnost škály	100	85	100	100	100	95	95	90	100	95
rozlišení ve VK	30	40	90	30	70	50	60	30	50	40
rozlišení v NK	50	90	100	90	100	90	90	95	90	100
rovnoměrnost škály	100	95	85	100	100	95	80	95	90	100
objekt 1	100	100	90	100	100	90	90	90	100	100
objekty 2 a 3	0	0	0	0	0	10	10	0	0	10
snímek nemocného	20	50	70	30	30	50	40	30	20	40

Průměrné hodnocení jednotlivých parametrů SMPTE obrazce:

- jas 100 % 93 %
- jas 0 % 99 %
- rozdíl 95 % a 100 % 98 %
- rozdíl 5 % a 0 % 48 %
- rovnoměrnost škály 96 %
- rozlišení ve vysokém kontrastu 49 %
- rozlišení v nízkém kontrastu 80,5 %

Průměrné hodnocení jednotlivých parametrů fantomu *Auto QC²*:

- rovnoměrnost škály 85 %
- viditelnost objektu (1) 96 %
- viditelnost objektů (2) a (3) 0,3 %

Průměrná jistota hodnocení snímku nemocného: 38 %

Tab. 9: Průměrné hodnocení skupin parametrů pro stanici NIS č. 2

Průměrné hodnocení parametrů kontrastu SMPTE obrazce	86,8 %
Průměrné hodnocení parametrů rozlišení SMPTE obrazce	64,75 %
Průměrné hodnocení jednotlivých parametrů fantomu <i>Auto QC²</i>	60,43 %
Průměrná jistota hodnocení snímku nemocného	38 %

4.1.5 Stanice NIS č. 3

Tab. 10: Výsledky řízeného rozhovoru pro stanici NIS č. 3

položka / respondent	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
jas 100 %	85	60	80	80	80	75	80	70	60	80
jas 0 %	100	95	100	90	100	100	97	100	100	100
rozdíl 95 % a 100 %	100	80	90	100	100	90	95	90	100	100
rozdíl 5 % a 0 %	75	90	0	80	70	70	80	70	75	90
rovnoměrnost škály	95	70	100	100	100	90	90	80	90	90
rozlišení ve VK	100	80	100	100	100	100	75	80	75	100
rozlišení v NK	100	50	100	100	100	100	100	75	100	100
rovnoměrnost škály	90	80	85	100	100	90	95	90	90	100
objekt 1	100	95	100	100	100	100	100	90	100	100
objekty 2 a 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
snímek nemocného	30	0	50	40	30	20	50	30	20	50

Průměrné hodnocení jednotlivých parametrů SMPTE obrazce:

- jas 100 % 75 %
- jas 0 % 98,2
- rozdíl 95 % a 100 % 94,5 %
- rozdíl 5 % a 0 % 70 %
- rovnoměrnost škály 90,5 %
- rozlišení ve vysokém kontrastu 91 %
- rozlišení v nízkém kontrastu 92,5 %

Průměrné hodnocení jednotlivých parametrů fantomu *Auto QC*²:

- rovnoměrnost škály 92 %
- viditelnost objektu (1) 98,5 %
- viditelnost objektů (2) a (3) 0 %

Průměrná jistota hodnocení snímku nemocného: 32 %

Tab. 11: Průměrné hodnocení skupin parametrů pro stanici NIS č. 3

Průměrné hodnocení parametrů kontrastu SMPTE obrazce	85,64 %
Průměrné hodnocení parametrů rozlišení SMPTE obrazce	91,75 %
Průměrné hodnocení jednotlivých parametrů fantomu <i>Auto QC²</i>	63,5 %
Průměrná jistota hodnocení snímku nemocného	32 %

4.1.6 Stanice NIS č. 4

Tab. 12: Výsledky řízeného rozhovoru pro stanici NIS č. 4

položka / respondent	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
jas 100 %	90	80	90	95	80	90	90	90	95	100
jas 0 %	95	90	100	90	100	95	85	90	100	90
rozdíl 95 % a 100 %	100	90	90	100	100	90	95	90	100	100
rozdíl 5 % a 0 %	90	90	100	90	100	90	90	90	100	100
rovnoměrnost škály	95	70	100	100	100	90	90	100	100	100
rozlišení ve VK	100	100	100	100	100	100	85	90	100	100
rozlišení v NK	100	90	100	100	100	100	100	100	100	100
rovnoměrnost škály	100	100	95	100	100	95	95	90	100	100
objekt 1	100	95	100	100	100	100	100	100	100	100
objekty 2 a 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
snímek nemocného	40	20	60	40	40	30	50	30	40	40

Průměrné hodnocení jednotlivých parametrů SMPTE obrazce:

- jas 100 % 90 %
- jas 0 % 93,5 %
- rozdíl 95 % a 100 % 95,5 %
- rozdíl 5 % a 0 % 94 %
- rovnoměrnost škály 94,5 %
- rozlišení ve vysokém kontrastu 97,5 %
- rozlišení v nízkém kontrastu 99 %

Průměrné hodnocení jednotlivých parametrů fantomu *Auto QC*²:

- rovnoměrnost škály 97,5 %
- viditelnost objektu (1) 99,5 %
- viditelnost objektů (2) a (3) 0 %

Průměrná jistota hodnocení snímku nemocného: 39 %

Tab. 13: Průměrné hodnocení skupin parametrů pro stanici NIS č. 4

Průměrné hodnocení parametrů kontrastu SMPTE obrazce	93,5 %
Průměrné hodnocení parametrů rozlišení SMPTE obrazce	98,25 %
Průměrné hodnocení jednotlivých parametrů fantomu <i>Auto QC²</i>	65,67 %
Průměrná jistota hodnocení snímku nemocného	39 %

4.1.7 Stanice NIS č. 5

Tab. 14: Výsledky řízeného rozhovoru pro stanici NIS č. 5

položka / respondent	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
jas 100 %	95	80	90	90	85	80	90	90	90	100
jas 0 %	90	90	100	90	100	100	90	85	90	90
rozdíl 95 % a 100 %	100	90	100	100	100	90	100	90	100	100
rozdíl 5 % a 0 %	90	100	100	90	90	100	90	90	100	100
rovnoměrnost škály	100	80	100	100	100	90	90	90	100	90
rozlišení ve VK	70	60	70	80	90	80	90	80	70	75
rozlišení v NK	100	90	100	100	100	100	100	90	100	100
rovnoměrnost škály	100	90	100	100	100	90	95	100	90	100
objekt 1	100	100	100	100	100	100	100	90	100	100
objekty 2 a 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
snímek nemocného	40	30	20	40	30	30	40	20	30	30

Průměrné hodnocení jednotlivých parametrů SMPTE obrazce:

- jas 100 % 89 %
- jas 0 % 92,5 %
- rozdíl 95 % a 100 % 97 %
- rozdíl 5 % a 0 % 95 %
- rovnoměrnost škály 95 %
- rozlišení ve vysokém kontrastu 76,5 %
- rozlišení v nízkém kontrastu 98 %

Průměrné hodnocení jednotlivých parametrů fantomu *Auto QC*²:

- rovnoměrnost škály 96,5 %
- viditelnost objektu (1) 99 %
- viditelnost objektů (2) a (3) 0 %

Průměrná jistota hodnocení snímku nemocného: 31 %

Tab. 15: Průměrné hodnocení skupin parametrů pro stanici NIS č. 5

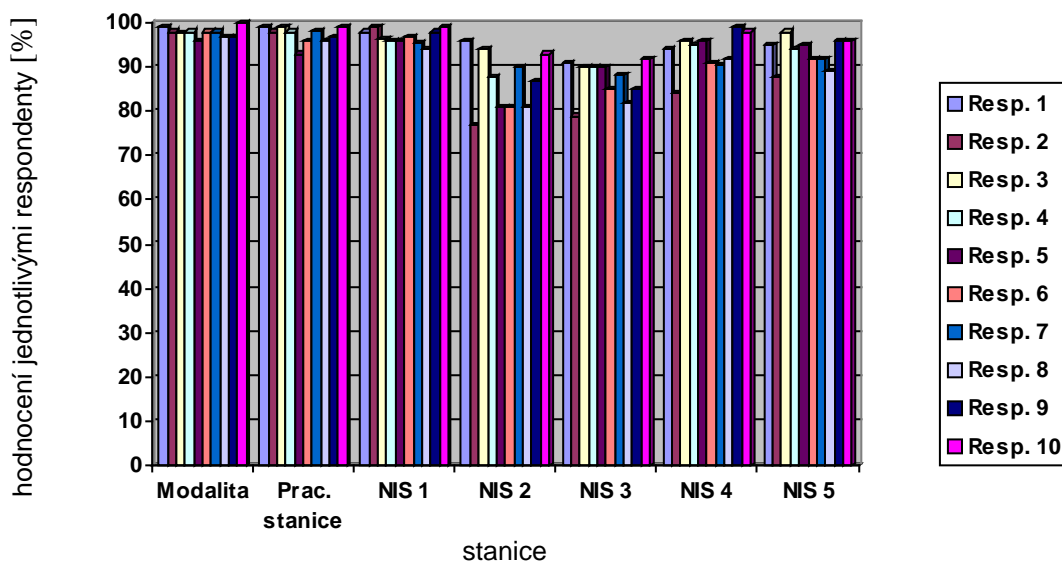
Průměrné hodnocení parametrů kontrastu SMPTE obrazce	93,7 %
Průměrné hodnocení parametrů rozlišení SMPTE obrazce	87,25 %
Průměrné hodnocení jednotlivých parametrů fantomu <i>Auto QC²</i>	65,17 %
Průměrná jistota hodnocení snímku nemocného	31 %

4.2 Grafické porovnání výsledků hodnocení jednotlivých obrazců

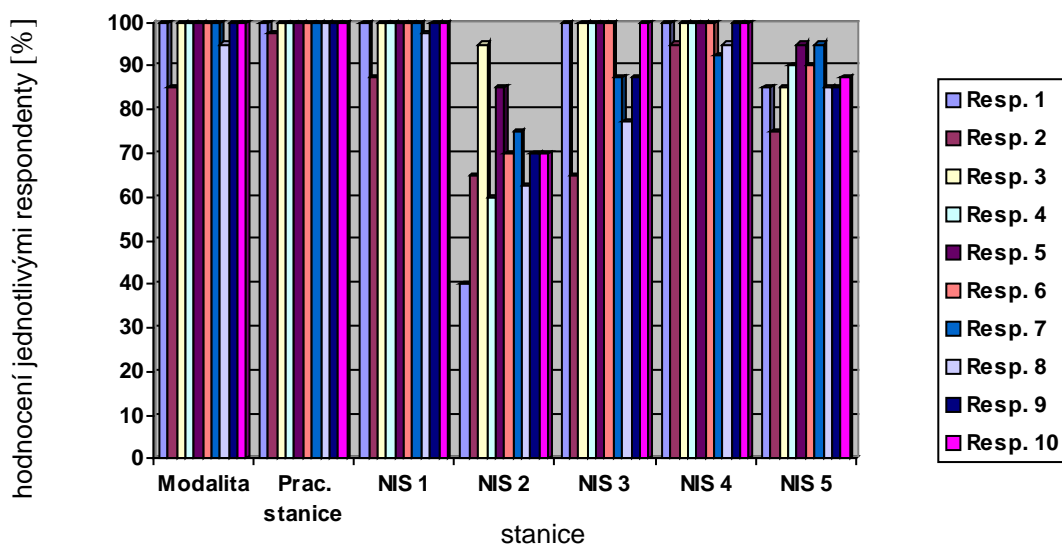
Výsledky získané v řízeném rozhovoru jsem vynesl do grafů. Pro jednotlivé testovací obrazce jsou vypracovány jednotlivé grafy, ze kterých je patrné, jak kterou jednotlivou pracovní stanicí respondenti hodnotili. Pro střední hodnotu získanou z výsledků výpočtem jsem zhotovil samostatný graf a hodnoty vynesl společně s jistotou popisu lékaře – respondenta.

4.2.1 Testovací obrazec SMPTE – hodnocení jednotlivými respondenty

Graf 1: Hodnocení testovacího obrazce – parametry kontrastu

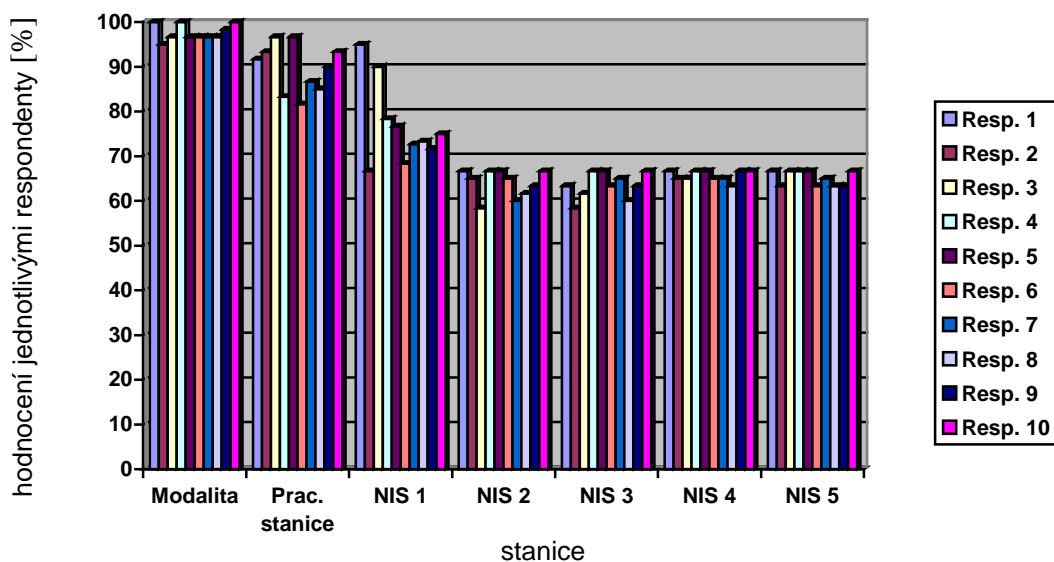


Graf 2: Hodnocení testovacího obrazce – parametry rozlišení

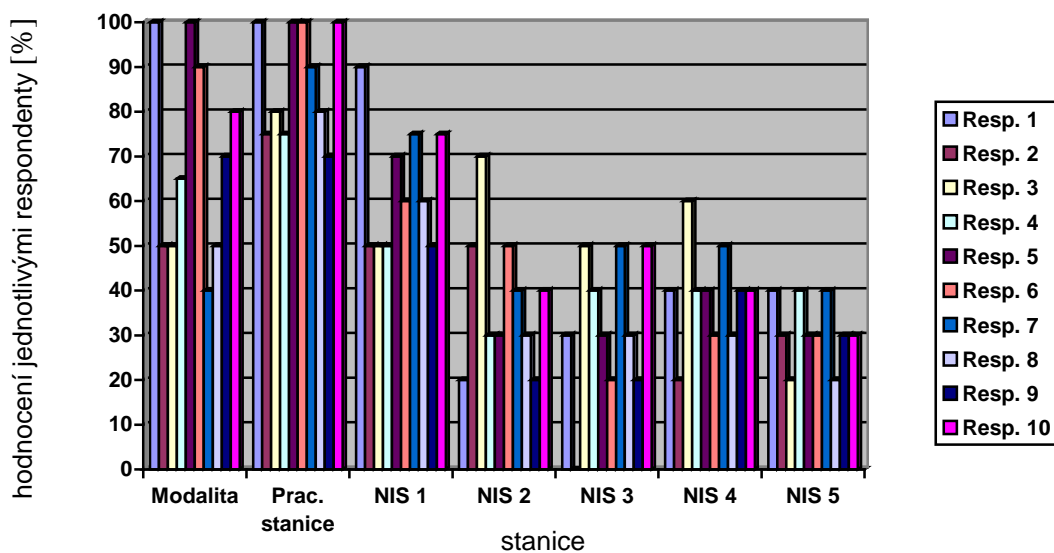


4.2.2 Hodnocení zobrazení fantomu *Auto QC²* – hodnocení respondenty

Graf 3: Hodnocení zobrazení fantomu *Auto QC²* jednotlivými respondenty

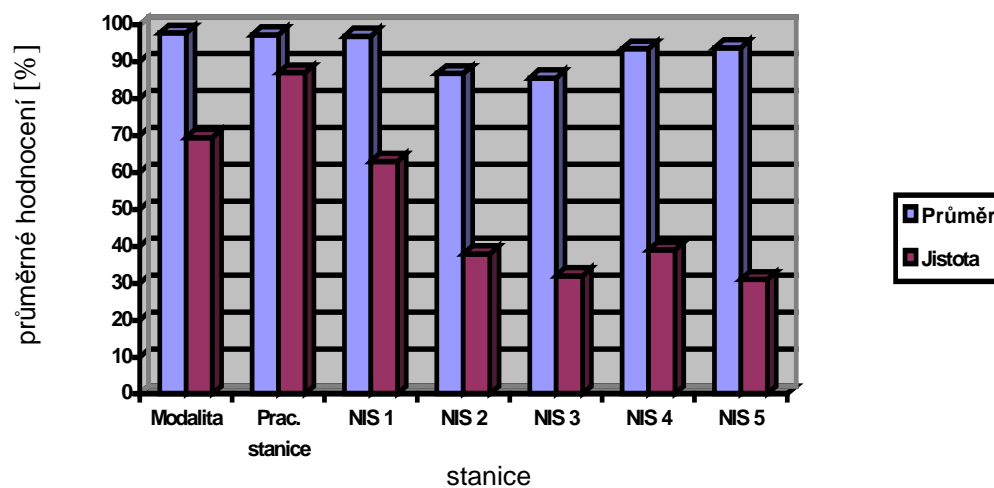


Graf 4: Jistota posouzení nálezu nemocného jednotlivými respondenty

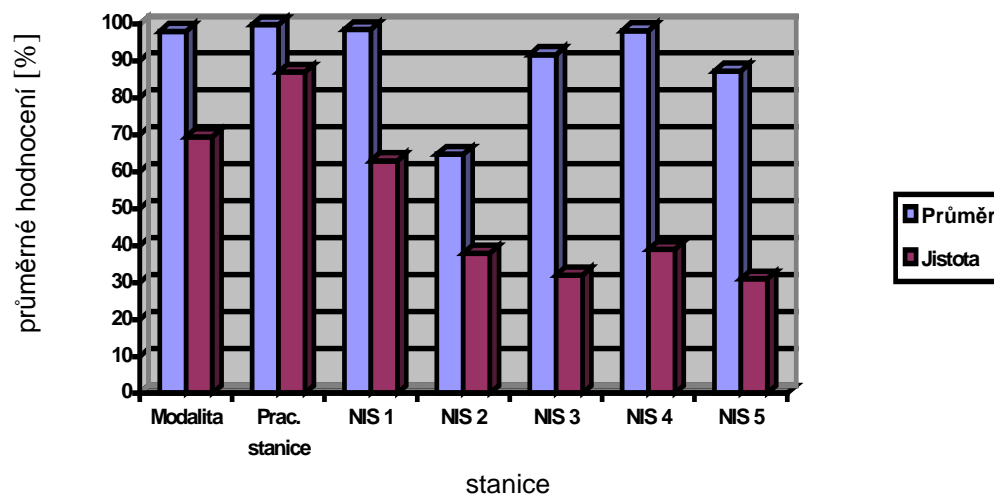


4.2.3 Testovací obrazec SMPTE – srovnávací grafy

Graf 5: Průměrné hodnocení testovacího obrazce – parametry kontrastu ve srovnání s jistotou posuzování nálezu nemocného

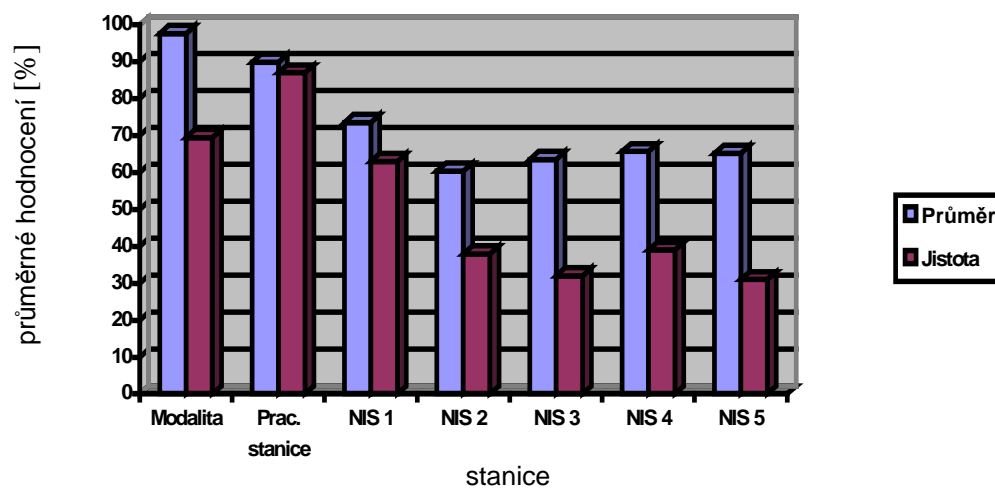


Graf 6: Průměrné hodnocení testovacího obrazce – parametry rozlišení ve srovnání s jistotou posuzování nálezu nemocného



4.2.4 Hodnocení zobrazení fantomu *Auto QC²*

Graf 7: Průměrné hodnocení zobrazení fantomu *Auto QC²* ve srovnání s jistotou posuzování nálezu nemocného



4.3 Statistické posouzení vypovídací schopnosti použité metodiky

4.3.1 Regresní analýza

Regresní analýza je statistická metoda, jež se zabývá zkoumáním závislosti proměnných, jejichž hodnoty získáme při realizaci experimentů. Zkoumá obvykle vztah mezi dvěma proměnnými, mezi závisle proměnnou (vysvětlovaná proměnná) a mezi nezávisle proměnnou (vysvětlující proměnná, regresor). Při analýze nejprve určujeme regresi, tedy druh, průběh závislosti. Pokud známe regresi, můžeme pak vytvářet regresní odhady. Metoda umožňuje také stanovit korelaci, tj. míru závislosti vysvětlované proměnné na proměnné vysvětlující.

4.3.2 Výsledky regresní analýzy

Pro jednotlivé provedené testy jsem provedl regresní analýzu, abych posoudil použitelnost testů, tedy jejich vypovídací schopnost. Použita byla metoda jednoduché lineární regrese.

Zavedl jsem:

Col_1 pro hodnocení parametrů kontrastu SMPTE obrazce

Col_2 pro hodnocení parametrů rozlišení SMPTE obrazce

Col_3 pro hodnocení zobrazení fantomu *Auto QC*²

Col_4 pro hodnocení jistoty lékaře při popisu snímku

Výsledky výpočtů provedených pomocí programu Statgraphics uvádím v přehledných tabulkách a grafech s vysvětlujícím komentářem.

4.3.2.1 Regresní analýza srovnání jistoty lékaře při popisu snímku s hodnocením parametrů kontrastu SMPTE obrazce

Protokol výpočtu

Regression Analysis - Linear model: $Y = a + b \cdot X$					

Dependent variable: Col_4					
Independent variable: Col_1					

Parameter	Standard Estimate	T Error	Statistic	P-Value	

Intercept	-337,448	144,241	-2,33947	0,0664	
Slope	4,22191	1,54898	2,72562	0,0415	

Analysis of Variance					

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value

Model	2665,76	1	2665,76	7,43	0,0415
Residua	1794,16	5	358,833		

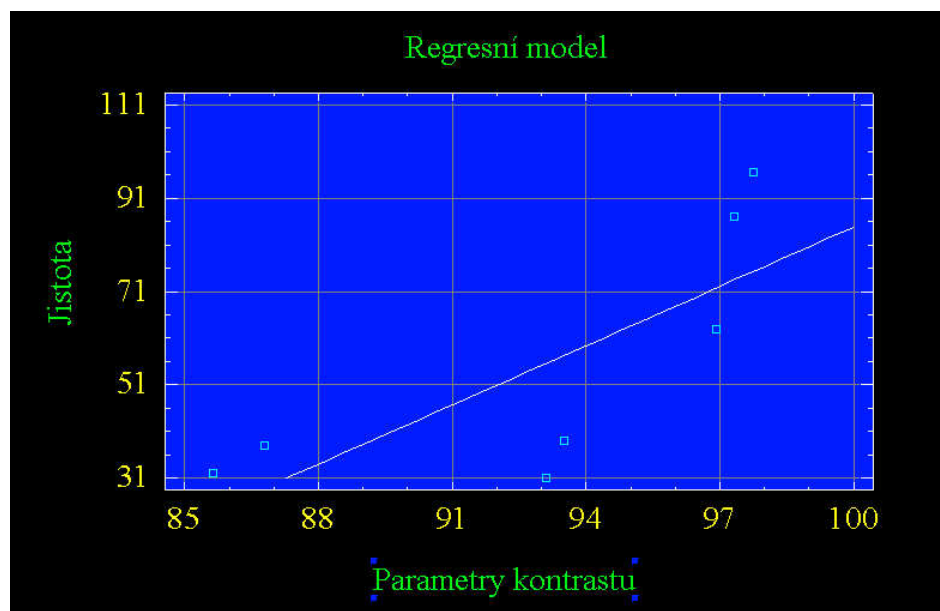
Total (Corr.)	4459,93	6			

Correlation Coefficient = 0,77312					
R-squared = 59,7715 percent					
Standard Error of Est. = 18,9429					

Výsledná regresní rovnice: $Col_4 = -337,448 + 4,22191 \cdot Col_1$

Z protokolu vyplývá, že p-hodnota v tabulce ANOVA je menší než 0,05, je zde tedy statisticky významný vztah mezi Col_4 a Col_1 na hladině spolehlivosti 95 %.

Statistika R-Squared indikuje, že model vysvětluje variabilitu Col_4 z 59,77 %. Korelační koeficient má hodnotu 0,77312. To indikuje spíše silnější závislost mezi proměnnými.



Obr. 7: Regresní model srovnání jistoty lékaře při popisu snímku s hodnocením parametrů kontrastu SMPTE obrazce

Z provedené analýzy vyplývá omezená použitelnost tohoto testu zobrazení SMPTE obrazce pro hodnocení kvality zobrazení.

4.3.2.2 Regresní analýza srovnání jistoty lékaře při popisu snímku s hodnocením parametrů rozlišení SMPTE obrazce

Protokol výpočtu

Regression Analysis - Linear model: $Y = a + b \cdot X$					

Dependent variable: Col_4					
Independent variable: Col_2					

Parameter	Standard Estimate	T Error	Statistic	P-Value	

Intercept	-45,3851	77,3469	-0,586774	0,5828	
Slope	1,10341	0,841618	1,31106	0,2468	

Analysis of Variance					

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value

Model	1140,97	1	1140,97	1,72	0,2468
Residua	3318,96	5	663,791		

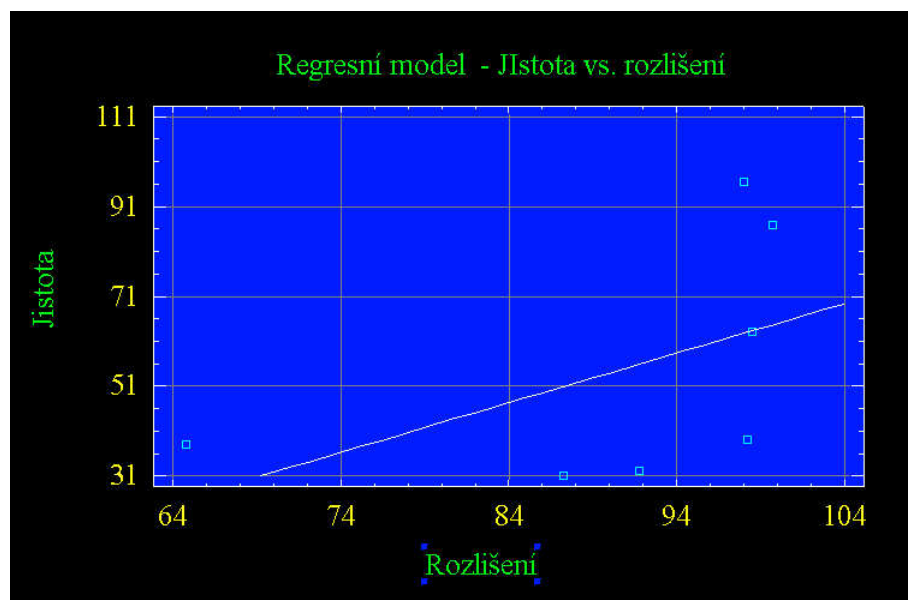
Total (Corr.)	4459,93	6			

Correlation Coefficient = 0,505794					
R-squared = 25,5828 percent					
Standard Error of Est. = 25,7641					

Výsledná regresní rovnice: $Col_4 = -45,3851 + 1,10341 \cdot Col_2$

Protože p-hodnota v tabulce ANOVA je větší než 0,10, není zde statisticky významný vztah mezi Col_4 a Col_2 na hladině spolehlivosti 90 %.

Statistika R-Squared indikuje, že model vysvětluje variabilitu Col_4 z 25,58 %. Korelační koeficient má hodnotu 0,505794. To indikuje, že existuje určitá (ale ne silná) závislost mezi proměnnými.



Obr. 8: Regresní model srovnání jistoty lékaře při popisu snímku s hodnocením parametrů rozlišení SMPTE obrazce

Z provedené analýzy vyplývá, že jistota lékaře při popisu snímku jen velmi slabě závisí na výsledcích hodnocení kontrolního pole rozlišení SMPTE obrazce. Tato metodika nedává relevantní výsledky a SMPTE obrazec není v našem případě použitelný pro hodnocení kvality zobrazení.

4.3.2.3 Regresní analýza srovnání jistoty lékaře při popisu snímku s hodnocením zobrazení fantomu *Auto QC²*

Protokol výpočtu

Regression Analysis - Linear model: $Y = a + b \cdot X$					

Dependent variable: Col_4					
Independent variable: Col_3					

Parameter	Standard Estimate	T Error	Statistic	P-Value	

Intercept	-80,0859	14,1977	-5,64077	0,0024	
Slope	1,83639	0,189594	9,6859	0,0002	

Analysis of Variance					

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value

Model	4234,26	1	4234,26	93,82	0,0002
Residua	225,667	5	45,1333		

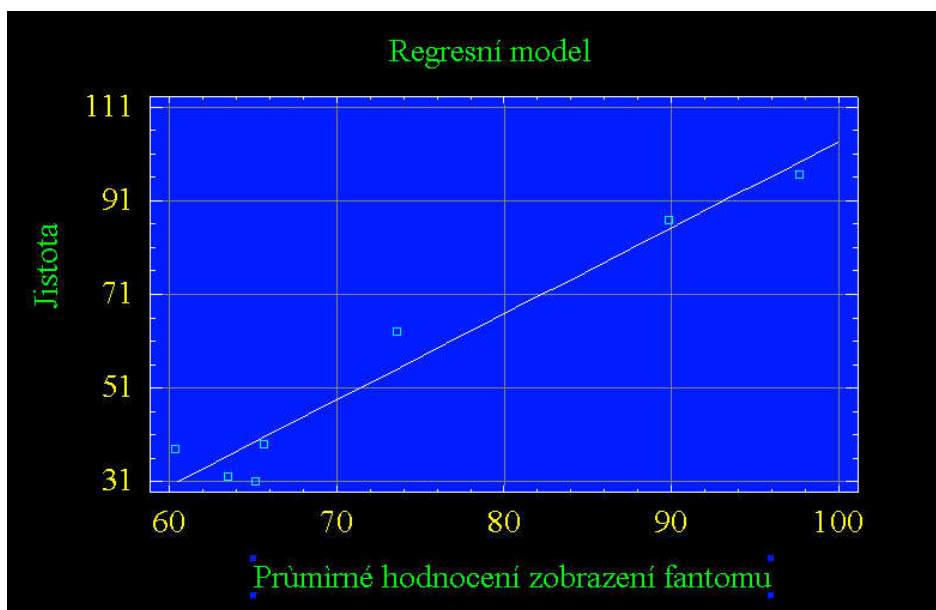
Total (Corr.)	4459,93	6			

Correlation Coefficient = 0,974372					
R-squared = 94,9401 percent					
Standard Error of Est. = 6,71813					

Výsledná regresní rovnice: $Col_4 = -80,0859 + 1,83639 \cdot Col_3$

Z protokolu vyplývá, že p-hodnota v tabulce ANOVA je menší než 0,01, je zde tedy statisticky významný vztah mezi Col_4 a Col_3 na hladině spolehlivosti 99 %.

Statistika R-Squared indikuje, že model vysvětluje variabilitu Col_4 z 94,9401 %. Korelační koeficient má hodnotu 0,974372. To indikuje relativně silnou závislost mezi proměnnými.



Obr. 9: Regresní model srovnání jistoty lékaře při popisu snímku s hodnocením zobrazení fantomu Auto QC²

Z provedené analýzy vyplývá velmi dobrá použitelnost tohoto testu pro hodnocení kvality zobrazení.

4.4 Srovnání výsledků diagnostických stanic s běžnými stanicemi NIS

Pro statistické vyhodnocení rozdílů mezi diagnostickými stanicemi a běžnými stanicemi NIS jsem nevykonal dostatek testů. Toto omezení bylo dáno možnostmi našeho pracoviště. Uvádím proto porovnání obou diagnostických stanic s průměrným hodnocením stanic NIS. Hodnoty v tabulce jsou uváděny v %.

Tab. 16: Srovnání výsledků diagnostických stanic s průměrným hodnocením stanic NIS

test		AGFA	Syngo	průměr stanic NIS
SMPTE kontrolní obrazec	parametry jasu	97,76	97,32	91,312
	parametry kontrastu	98	99,75	88,1
fantom Auto QC2		97,67	89,83	65,674
jistota při popisu snímku		69,5	87	40,6

5 Diskuse

5.1 Diskuse k metodice

Metodika této práce vybrána tak, aby bylo možné využít jen těch prostředků a přístrojů, jež jsem měl na pracovišti k dispozici. Důvodem byla především možná opakovatelnost takového hodnocení na jiném pracovišti. Měřicí technika, schopná změřit celý dynamický rozsah, zejména zbytkový jas monitoru při zobrazování černé, je natolik nedostupná, že její použití nepřicházelo v úvahu. Jsem si ovšem vědom toho, že přesné měření by bylo pro praktickou část této práce přínosem.

Před provedením testů byl systém nepřímé digitalizace seřízen technikem firmy AGFA a monitory nemocničního informačního systému nastaveny pomocí utility M-Tester. RDG pracoviště nedisponuje potřebnou měřicí technikou potřebnou k nastavení monitorů, monitory byly nastaveny subjektivně podle kontrolního obrazce. Domnívám se, že pro potřeby této práce byly monitory seřízeny s dostatečnou přesností. Zásadním problémem většiny obdobných pracovišť je ovšem nejednotnost ve vybavení monitory. Klientské stanice NIS jsou vybaveny monitory různého stáří, různé kvality a odlišných technologií (CRT / LCD) a ve většině případů nesplňují požadavky kladené na lékařský diagnostický monitor s odůvodněním, že tyto stanice nejsou primárně určeny k popisu rentgenových snímků. Lékaři nicméně na těchto monitorech v některých případech snímky popisují. To bylo důvodem zahrnutí těchto monitorů do mnou prováděného testování.

Nejzávažnějším problémem praktické části práce je nízký počet provedených testů a nízký počet hodnotících. Toto omezení je dáno personálními a technickými možnostmi našeho pracoviště. Radiodiagnostické oddělení ve FN Plzeň-Bory patří mezi menší pracoviště. V rámci běžného provozu pracoviště nebylo možné provést více měření, a to především z časových důvodů, neboť pro toto testování nebylo možno omezit provoz na pracovišti – pracoviště slouží pro příjem nemocných s úrazy a v akutním stá-

diu onemocnění. Dalším omezením je počet klientských stanic nemocničního informačního systému na oddělení. Rozšířit testování na stanice mimo radiodiagnostické oddělení nebylo možné.

Během subjektivního hodnocení kvality zobrazení na monitorech NIS jsem se snažil o dodržení správné intenzity osvětlení. To je velmi důležité, neboť okolní osvětlení se odráží od stínítka monitoru, zčásti se přičítá k světlu emitovanému monitorem a dochází ke zkreslení zobrazované informace. Rušivé světelné zdroje jsem eliminoval, aby nedocházelo ke vzniku odlesků na stínítku monitorů. Hladinu okolního osvětlení jsem měřil přístrojem *CandelaLUX* firmy Pehasoft a snažil se ji udržet na hodnotě nanejvýš 100 lx. Hodnocení kvality zobrazení ale neprobíhalo v jedné místnosti a z toho vyplývající rozdíly v intenzitě a úhlu osvětlení mohly mít na hodnocení vliv, pravděpodobně ne však příliš velký.

5.2 Diskuse k výsledkům analýzy jednotlivých testů

Respondenty v řízeném rozhovoru byli lékaři radiodiagnostického oddělení s dlouholetou praxí v oboru. Přesto se domnívám, že jejich hodnocení v absolutních ukazatelích (zejména jas bílého pole gradační stupnice) neodpovídá zcela katalogovým údajům monitorů. Jako přínosnější se ukázala relativní hodnocení (rozdíl mezi jasnem dvou polí o nízkém rozdílu intenzity na kraji gradační škály). Rozdíl 5 % použitý v SMPTE obrazci je však pravděpodobně příliš velký pro účel hodnocení, neboť jej téměř korektně zobrazovala většina monitorů. Mnohem větší vypovídací schopnost mají pole o nízkém rozsahu denzit fantomu *Auto QC²* určené k měření přenosové funkce. Je zřejmé, že SMPTE obrazec byl původně vyvinut k poněkud jiným účelům a také výsledek regresní analýzy testu založeného na posuzování jasu a kontrastu monitoru pomocí tohoto obrazce nepotvrdil vhodnost tohoto testu. Jistou závislost ovšem připouští. Zde je třeba si uvědomit, že pertrochanterická zlomenina (hodnocení závislé proměnné) byla na snímku představována vlasovým narušením struktury kosti, na jehož dobrém zobrazení se do značné míry podílí i ostrost zobrazení, tedy rozlišení monitoru.

Horší výsledky rozlišení u některých stanic NIS byly způsobeny nastavením nižšího než nativního rozlišení monitoru, což má za následek výraznou degradaci obrazu. Snížením rozlišení se relativně zvětší obrazovkové písmo. Administrativní pracovnice změnila nastavení rozlišení, aby na větší písmo lépe viděla.

Regresní analýza testu zobrazení kontrastu pomocí SMPTE obrazce však oproti očekávání nepotvrdila závislost mezi proměnnými. Důvodem může být zastaralost SMPTE obrazce, navrženého pro kontrolu zobrazovacích řetězců s nižším rozlišením, než se používají v současné době. Jiným možným důvodem mohla být špatná kvantifikace při hodnocení respondenty během řízeného rozhovoru.

Nejlepší výsledky srovnání hodnocení kvality zobrazení monitorů a jistoty lékaře při popisu snímku přinesl test kvality s fantomem soupravy Auto QC2. Fantom je určen pro softwarově podporovanou poloautomatickou kontrolu kvality na zařízeních nepřímé digitální skiografie AGFA CR. V této práci byl fantom použit způsobem, který nevychází z postupu navrženého výrobcem. Přesto regresní analýza potvrdila silnou závislost mezi hodnocením zobrazení tohoto fantomu a jistotou lékaře při popisu snímku. Domnívám se, že důvodem je kvalitní návrh struktur fantomu s ohledem na předpokládané použití pro kontrolu kvality digitální skiografie.

5.3 Diskuse k výsledkům srovnání jednotlivých stanic

Výsledky jednotlivých stanic jsou srovnány v grafech č. 5 – 7. Abych zjistil, nakolik se odlišují diagnostické stanice od běžných stanic nemocničního informačního systému, vypočetl jsem průměrné hodnocení stanic NIS a srovnal tento výsledek se stanicí modality AGFA a stanicí Syngo vybavenou diagnostickými monitory určenou pro popis rentgenových snímků.

Rozdíly ve výsledcích jsou zřejmé. Jejich statistické zhodnocení ovšem nebylo možné pro nízký počet stanic zařazených do testu. Toto omezení bylo dáno možnostmi pracoviště – zařadil jsem do testu všechny stanice, jimiž je vybaveno.

Kvalita řadových stanic NIS na mém pracovišti odpovídá podobným stanicím v celé Fakultní nemocnici v Plzni. Navzdory tomu, že výsledky nejsou podpořeny sta-

tistickým zpracováním, domnívám se, že rozdíly mezi běžnými a diagnostickými stanicemi jsou významné (jistota hodnocení snímku na stanici Syngo 87% oproti 40,6% průměrné jistotě na stanicích NIS). Běžné stanice NIS kancelářského typu by proto neměly být používány k diagnostickým účelům.

5.4 Poznámky

Původně jsem zamýšlel též porovnat náklady na pořízení, provoz a údržbu nemocničních informačních systémů a systému PACS rozdílného uspořádání ve dvou srovnatelných nemocnicích z hlediska ekonomiky radiodiagnostického oddělení. Ekonomické ukazatele se mi však nepodařilo získat. Proto jsou oba systémy srovnávány pouze z technického hlediska a z hlediska uživatele – lékaře a radiologického asistenta.

6 Závěr

Cílem této práce bylo pokusit se najít a ověřit dostupnou metodiku na posouzení kvality zobrazení na monitorech stanic nemocničního informačního systému a s její pomocí prokázat, že jistota lékaře, hodnotícího snímek na monitoru stanice NIS závisí na kvalitě technického řešení.

Pomocí statistické metody regresní analýzy se podařilo prokázat souvislost mezi hodnocením zobrazení rentgenového fantomu a jistotou, s jakou lékař hodnotí rentgenový snímek nemocného na dané prohlížecí stanici. Zpracovat statisticky rozdíly mezi jednotlivými stanicemi nebylo možné pro nízký počet stanic zařazených do testu, daný možnostmi pracoviště. Navzdory tomu považují rozdíly mezi hodnocením jednotlivých stanic za natolik výrazné, že tato práce poslouží jako vodítko při obnově technického vybavení pracoviště.

7 Literatura

- [1] ADAIR, J.: *Vytváření efektivních týmů*. Management Press, Praha 1994, 200 s., ISBN 80-85603-70-5
- [2] BERGER, Josef: *Informatika v klinické praxi*. Grada, Praha 1993. 424 s., ISBN 80-85623-78-1
- [3] Česká společnost medicínské informatiky a vědeckých informací (ČSZIVI), <http://www.medinfo.cz>
- [4] HALVA, Martin: *Modelování jakosti softwaru pro řídicí systémy*. Ph. D. Thesis, sv. 217. VUT v Brně, Brno 2004, 32 s., ISBN 80-214-2550-4
- [5] INFOMED – nezávislý server o zdravotnické informatice, <http://www.infomed.cz/ps/index.php>
- [6] KASAL, P.; SVAČINA, Š. a kol.: *Lékařská informatika*. Karolinum, Praha 1998. 546 s., ISBN 80-7184-594-9
- [7] KASTL, Jan: *Informační a komunikační systémy*. VŠE v Praze, Praha 2005. 186 s., ISBN 80-245-0988-1
- [8] KRÁL, Jaroslav: *Informační systémy*. Science, Veletiny 1998. 360 s., ISBN 80-86083-00-4
- [9] Medicalc software s. r. o., <http://www.medicalc.cz/web>
- [10] OR-CZ, s. r. o., <http://www.orcz.cz/web/new/orcz2.nsf> (MARIE PACS)
- [11] *Požadavky na jakost a hodnocení jakosti zdravotnických informačních systémů*. Sborník příspěvků III. konference, IKEM, Praha 2003. 52 s., ISBN 80-213-1075-8
- [12] SÚJB: *Požadavky na kontrolní a zkušební procesy v oblasti radiační ochrany v radiologii; zobrazovací proces skiagrafie a skiaskopie – zkoušky provozní stálosti*. http://www.sujb.cz/docs/27-ZPS_skiagrafie_skiaskopie.pdf. 2003
- [13] SVAČINA, Š., ŠPUNDA, M. a kol.: *Výpočetní technika a informatika ve zdravotnictví*. Univerzita Karlova, Praha 1993. 206 s., ISBN 80-7066-720-6
- [14] *Telemedicína*, <http://www.telemedicina.cz>
- [15] UČEŇ, Pavel, a kol.: *Metriky v informatice*. Grada, Praha 2001. 140 s., ISBN 80-247-0080-8

- [16] VELDE, R., DEGOULET, P.: *Clinical Information Systems*, Springer, 2003. 294 s., ISBN 978-0-387-95538-4
- [17] VÚGTK: *Terminologický slovník*, <http://www.vugtk.cz/termkom/indtk.html>
- [18] ZVÁROVÁ, J. a kol.: *Lékařská informatika I. – IV.* Univerzita Karlova – SPN, Praha, 1989 – 1992
- [19] ZVÁROVÁ, J. a kol.: *Základy informatiky pro biomedicínu a zdravotnictví.* Karolinum, Praha 2002. 164 s., ISBN 80-246-0609-7

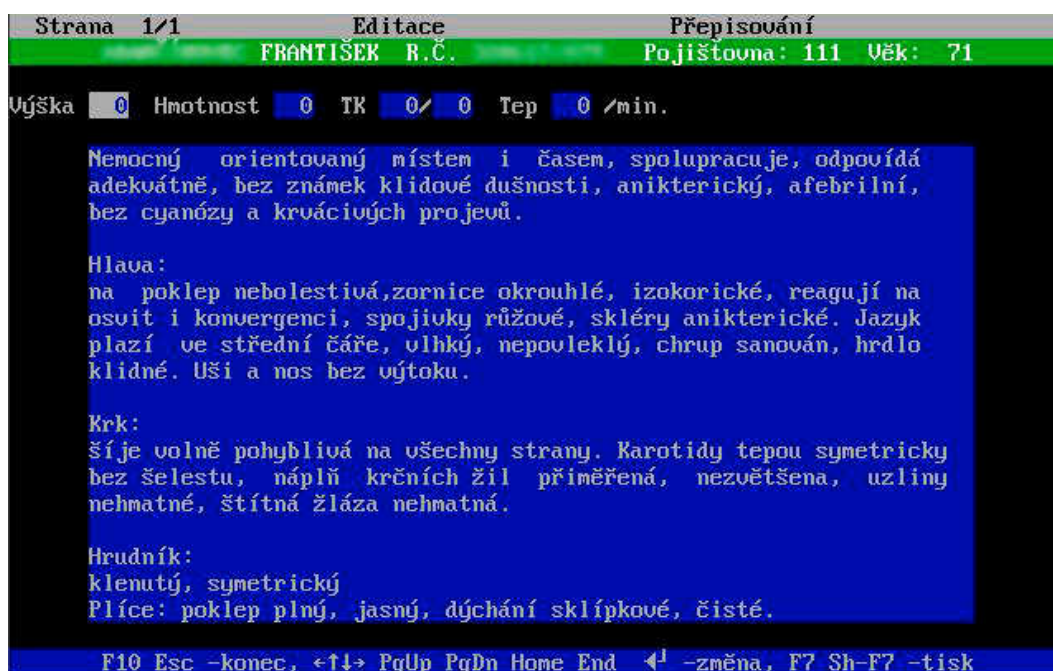
8 Klíčová slova

Nemocniční informační systém, kvalita, stanice NIS, zobrazení, monitor, fantom

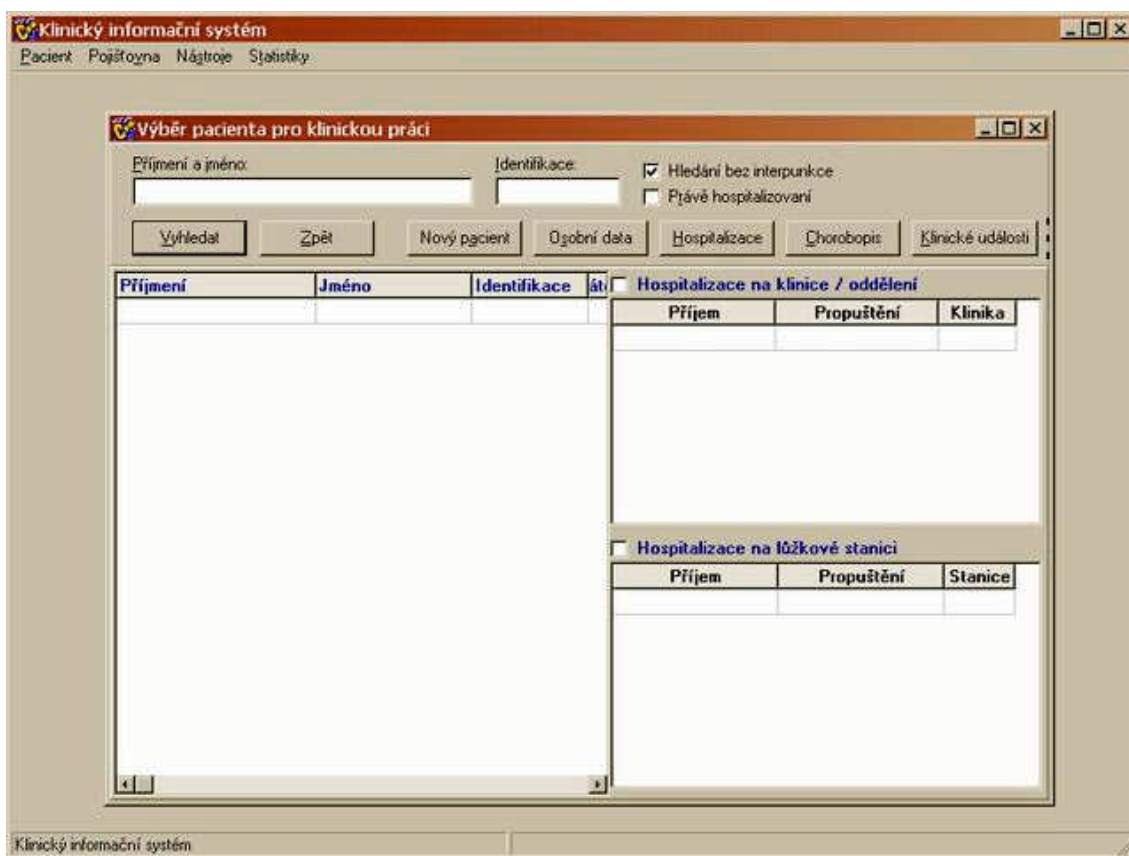
9 Přílohy



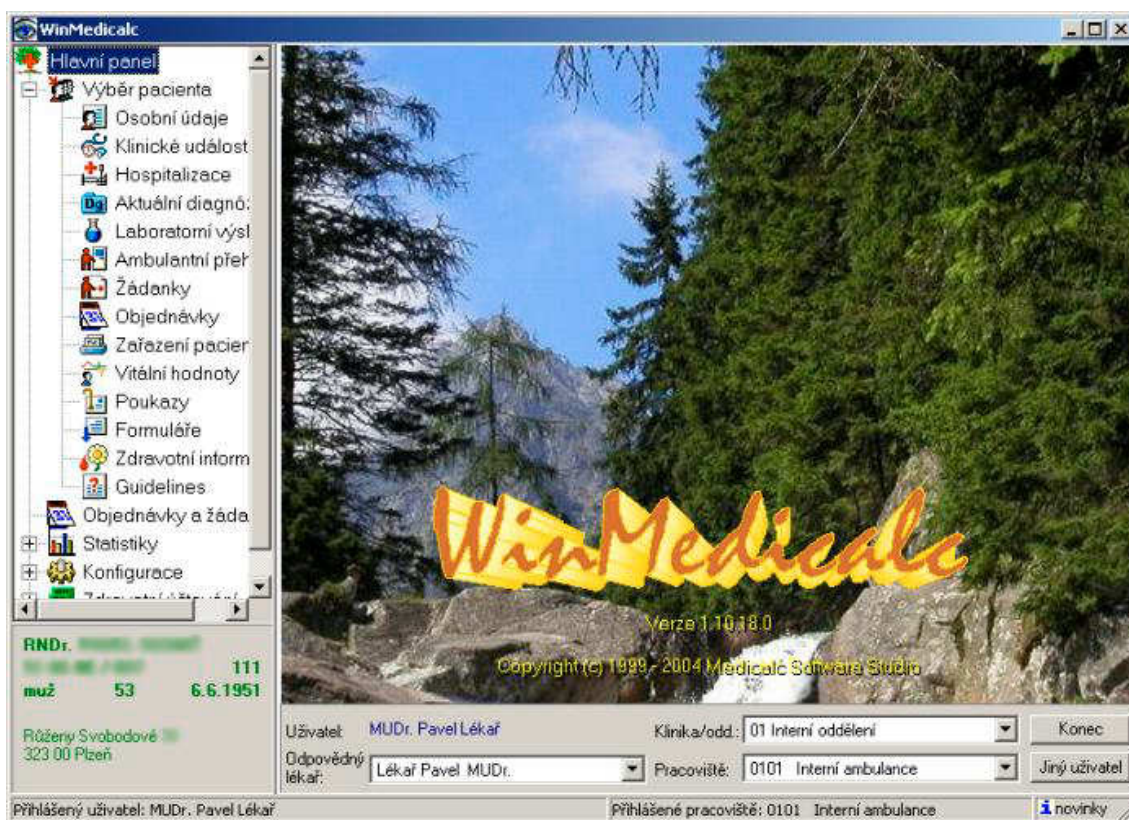
Obr. 10: MediCalc verze 1



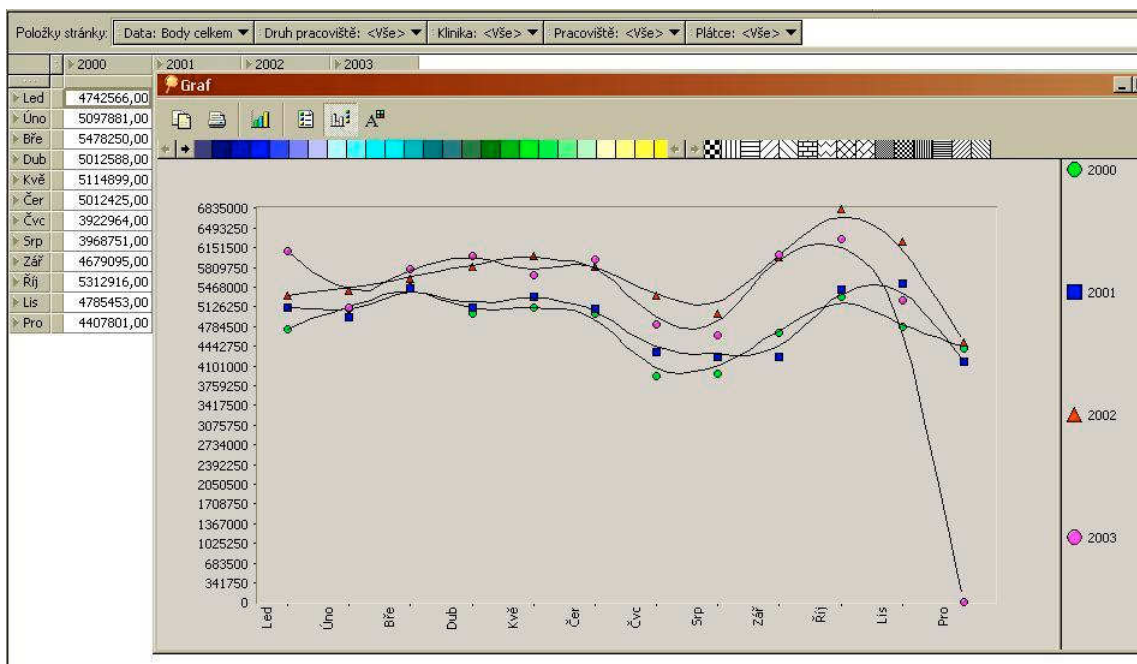
Obr. 11: MediCalc verze 1



Obr. 12: MediCalc verze 2



Obr. 13: WinMedicalc – hlavní obrazovka



Obr. 14: Výstup modulu MediGain – výkony celé nemocnice po měsících ve srovnání s předchozími roky