

TEHNIČNE OSNOVE DIGITALNE SUBTRAKCIJSKE ANGIOGRAFIJE

Božidar Spiller

Živimo v času, ko povsod čitamo in poslušamo o informatiki, kibernetiki, o potrebi uvedbe računalnikov v vse pore življenja; v času velikega "booma" osebnih in hišnih računalnikov, ki s svojimi igricama nadomeščajo zastarele televizijske igrice; otroci žele namesto plišastega medvedka home computer; ko keynesianska porabniška propaganda proglašuje za nenormalne ljudi, ki računalnika nimajo, čeprav ga nimajo za kaj uporabljati in ga tudi ne znajo.

Istočasno pa mineva že več kot 15 let, ko smo pri nas prvi zanesenjaki študirali teorijo računalništva, uporabnost in organizacijo obdelave podatkov v statistiki, gospodarstvu, krmiljenju in vodenju delovnih procesov in razmišljali o možni uporabi računalnikov v stroki, kar je zdaj že nekaj let realnost. Bili smo nerazumljeni vizionarji in fantasti vse dotlej, dokler ni o tem začela poročati tuja literatura, medtem pa so postale naše napovedi pozabljene. Takratne ideje o organizaciji zbiranja in obdelave podatkov v javnem zdravstvu s pomočjo računalnika in organiziranje zdravstvene službe in razvoj potrebnih dejavnosti na tej osnovi, so še danes uporabne.

Čas in razvoj stroke pa kaže, da se v radiologiji vedno bolj uveljavlja računalniška tehnologija. Z razvojem se spreminja tudi uporaba računalniške tehnologije. Ne uporablja se le za statistike, obračune in eventuelno naročanje bolnikov, temveč se vedno bolj izkorišča tehnične možnosti, ki jih računalnik zmore. S tem se izboljšuje kvaliteta dela vse od kompjuterizirane tomografije, preko računalniške kontrole in vstave parametrov slikanja, digitalnih analizatorjev slik, do digitalne radiografije in digitalne substrakcijske angiografije. V vseh teh primerih izkoriščamo računalniški spomin in operacije, ki jih računalnik lahko vrši.

Od naštetih možnosti je tehnično in programsko najmanj zahtevna računalniška

Dr. Božidar Spiller, dr. med., Univerzitetni institut za rentgenologijo,
Univerzitetni klinični center, 61000 Ljubljana, Zaloška 7

kontrola in vstavitve parametrov slikanja. V bistvu gre tu za avtomatizacijo, ki zahteva sorazmerno majhen in fiksni spomin. Operacije so enostavne in sorazmerno počasne. Osnova pa je "PROM" (Programmable Read Only Memory), ki je osnovni elektronski del s spominom.

Druga možnost je priključitev generatorja na centralni računalnik in vnos tekstovnih in slikovnih informacij v pomnilnik.

Višje razviti računalniki, z visokimi hitrostmi obdelave v diagnostiki vedno bolj izpodrivajo klasična slikanja in obdelavo filmov prav zaradi tega, ker računalnik daje možnost poudarjanja razlik v absorpciji žarkovja, oziroma poudari kontrast obsega objekta. Pri oceni običajne rentgenske slike moramo upoštevati, da oko ne razločuje vseh stopenj črnenja, temveč loči kot enake stopnje črnenja tiste razlike, ki imajo enake kvociente razlik (Weber - Fechnerjev zakon). Tako loči senzimetrične vrednosti 2:4:8:16 oziroma 2:(2x2) : (4x2) : (8x2) : (16x2) ne pa vrednosti 2:4:6:8:10.

Za diagnozo je pomembno razločevati majhne razlike v absorpciji žarkovja, oziroma majhne razlike v črnenju. Zato so se razvile različne metode ojačevanja kontrasta slik, od običajnega slabljenja s Farmerjevim slabilom, preko elektronskega z elektronskim ojačevalcem kontrasta (npr. Logetron), do fotografske in televizijske subtrakcije. Namen vseh metod je prikazati detajle, ki na običajnih slikah niso dobro, ali pa sploh niso razpoznavni.

Fotografsko subtrakcijo je uvedel nizozemski radiolog Ziedses des Plantes. Bazira na tem, da se na subtrakcijski sliki izravnajo mesta z enakim črnenjem in tako poudarijo razlike. S tem dosežemo veliko boljši prikaz željenih detajlov, predvsem ožilja in izbrišemo superpozicijska zasenčenja.

Postopek je sledeč: rentgensko sliko kopiramo v pozitivno. Sliko in pozitiv natančno prekrijemo tako, da se organi na obeh točno prekrivajo in obe sliki preslikamo na nov film. Za izdelavo tako pozitivna, kot preslikavo negativa in pozitivna na isti film lahko uporabljamo luminiscenco folij, posebno še, ker v kaseti lahko filme točno prekrijemo. Slika, ki jo dobimo pri fotografski subtrakciji, je podobna reliefni sliki.

Pri televizijski subtrakciji snemamo sliko z dvema kamerama. Eno sistem

obrača v negativno. Superpozicijo negativne in pozitivne slike vidimo na zaslonu. Z zaslona lahko sliko tudi prefotografiramo. Najpogosteje se tu uporablja polaroidni postopek, ki da sliko v kratkem času, material pa je sorazmerno poceni.

Pri televizijskem snemanju spremenimo vidno sliko v elektronske signale, ki jih lahko nato zapišemo bodisi na magnetni trak videorekorderja, bodisi vnese-mo v pomnilnik računalnika. Lahko ga računalniško obdelamo in tudi reproduciramo na računalniški izhodni enoti. Tako kot pri televizijski subtrakciji snemamo posamezne rentgenograme, lahko s televizijsko kamero snemamo tudi sliko z elektronskega ojačevala pri diaskopiji. Elektronski žarek snemalne kamere odčita sliko točno v 625 vrsticah, vsako točko pa vnese na odgovarjajoče mesto v računalnikovem pomnilniku. Vsako računalniško operacijo, ki prejeto informacijo razdeli na točkaste delce in jo na ta način registrira, imenujemo digitalno, zapis pa digitalen. Pri reprodukciji pa to informacijo lahko zopet prikažemo v obliki, v kakršni je bila posneta. Število vnešenih informacij je odvisno od spominske kapacitete pomnilnikov. Z odgovarjajočim programom lahko na televizijski zaslon reproduciramo istočasno tudi več slikovnih informacij. Prav tako lahko reproduciramo tudi negativno ali pozitivno sliko tako, da dobimo na zaslonu subtraksijsko sliko.

Predstavljajmo si, da namesto pribora za serijsko slikanje, kot sta to AOT in PUCK uporabimo televizijsko verigo vezano na računalnik tako, da vsako sekvenco logaritmično pomnoži in jo nato digitalno vnese v pomnilnik. Lahko pa vnaša v en pomnilnik negativno, v drugega pa pozitivno sliko in s tem dobimo enako podlago za reprodukcijo, kot jo imamo pri fotografski subtrakciji, le da so razlike v absorpciji žarkov še logaritmično pomnožene. Sekvence slik so pogostejše kot pri slikanjih na film. Posnamemo pa tudi ves pretok krvi. Tako na primer pri endovenozni aplikaciji kontrasta posnamemo venozni, kapilarni in nato arterielni del. Logaritmično množenje absorpcijskih razlik daje zadostno kontrastnost. Končna informacija zavisi od računalniške obdelave vnešenih podatkov. Ta obdelava zavisi od programa. Rezultate obdelave izpisane na trak videorekorderja, lahko poljubnokrat reproduciramo. Logaritmično množenje razlik v črnenju, oziroma absorpciji žarkovja, daje popolnoma

drugačno informacijo od običajne slike pri serijskem slikanju.

V glavnem uporabljajo tri programe. Ti zavise od tega, ali se organ, ki ga pregledujemo, med preiskavo giblje, ali miruje. Tako ločimo:

Serijsko slikanje (Radiographic mask mode)

Pred vbrizganjem kontrasta posnamemo nativno sliko, jo logaritmično obdelamo in digitalno zapišemo v pomnilnik. Ta zapis služi za subtraksijsko podlago kasnejšim zapisom, posnetim med injekcijo kontrasta. Zapisi med injekcijo si sledijo v kratkih časovnih intervalih. Pri subtraksiji lahko te zapise med seboj sumiramo. S tem zmanjšamo neostrost zaradi kvantnega šuma in sneženja. Število sumiranih slik omejuje pulzacija arterij. Tudi zapisi posneti med injekcijo se logaritmično obdelajo. Rezultat obdelave se nato kot real time zapis izpiše na video trak. Proces je tako hiter, da lahko neposredno po preiskavi dobimo željene informacije. V začetku dobimo običajno sliko za orientacijo, nato pa si sledijo subtraksijske slike.

Ta način uporabljamo za prikaz ožilja pri relativno mirujočih delih telesa.

Kontinuirna slika (Fluoroscopic mask mode)

Subtraksijsko podlago posnamemo tako, da dobimo prikazano pulzacijo srca, velikih žil in respiratorno gibanje. Snemamo jo toliko časa, da lahko zajamemo tudi vse anatomske variacije. Podlaga se obdelava logaritmično, enako tudi kasnejše snemanje polnitve s kontrastom. Nadaljnja obdelava je podobna kot pri serijskem slikanju. Sledi subtraksijska in zapis na video trak.

Slika z razliko časovnih intervalov (Time Interval Difference - TID mode)

Prejšnjo kontinuirno sliko uporabimo za zapis gibanja. Če pa želimo prikazati posamezne sekvence, nam ne zadošča samo slika z video traku, temveč se poslužimo posebnega programa. V bistvu gre tu le še za čisto računalniško obdelavo že posnetega materiala. Informacijo dobimo, ne da bi preiskovanca ponovno obremenjevali s kontrastom.

Za subtraksijsko podlago ne vzamemo začetne slike, temveč predhodne slike. Tako vršimo subtraksijsko na primer tako, da je podlaga za subtraksijsko šeste slike peta ali celo druga, za subtraksijsko osme sedma ali celo četrta itd.

Na ta način prikažemo posamezne faze pretoka kontrasta. Metoda zahteva ustrezno opremo in program. Zanimivo je, da so prve poizkuse opravili s komercialnimi računalniki.

Če primerjamo klasične vaskularne diagnostične metode z računalniškimi vidimo, da je prednost za bolnika v tem, da lahko dobimo veliko informacij že z intravenozno aplikacijo sorazmerno majhne količine razredčenega kontrasta (5 do 7 ml 76% v 15 do 23 ml fiziološke raztopine). Da lahko posneti material prikažemo na več načinov, zavisi pač od logaritmov, ki jih uporabimo. Za informativne preglede niso potrebne selektivne angiografije, čeprav nekateri avtorji priporočajo celo za endovenozno aplikacijo kontrasta kateter. Drugi priporočajo infuzijo.

V glavnem pa so selektivne metode prihranjene za takrat, ko je patologija že ugotovljena in gre za preoperativne posege.

Subtrakcija omogoča točnejši prikaz topografskih, predvsem pa morfoloških sprememb ožilja, ker zabriše vse strukture, ki motijo sliko. Pri tem nam pomaga možnost poljubne izbire subtrakcijske slike za podlago.

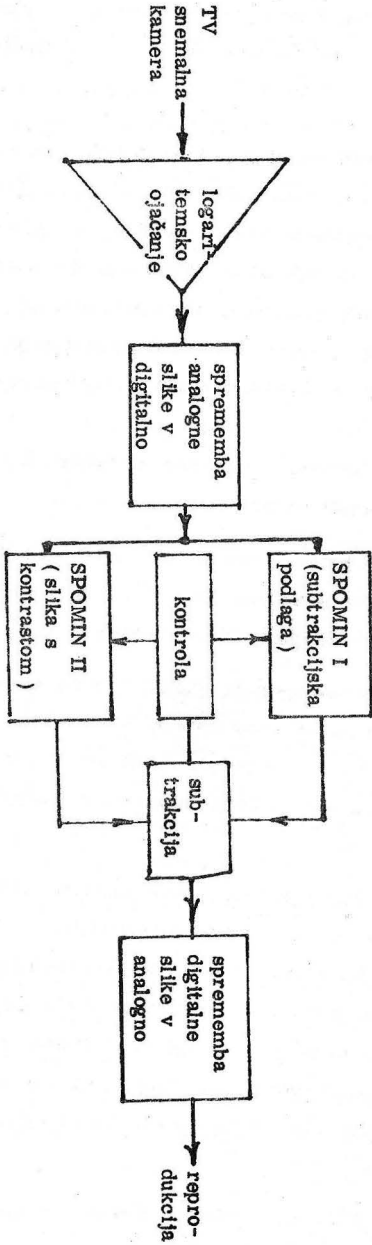
Obremenitev preiskovanca s sevanjem je približno enaka kot pri običajnem serijskem slikanju. Izognemo pa se ponavljanjem. Prejete doze ni mogoče bistveno zmanjšati, ker se v tem primeru poveča neostrost zaradi kvantnega šuma in sneženja. Tako kvantni šum, kot sneženje lahko motita digitalni zapis do takšne mere, da postane neuporaben.

Digitalna subtrakcijska angiografija odpira nove možnosti tudi na drugih področjih diagnostične radiologije, predvsem tudi radiografije. Zahteva pa kvalitetno opremo in sicer generatorje, ki po možnosti dajejo čim bolj homogen spekter žarkovja z ozirom na valovno dolžino, elektronske ojačevalnike z veliko ločilno sposobnostjo in konverzijskim faktorjem. Televizijski sistem prav tako ne sme povzročati sneženja. V nasprotnem primeru zapišemo vse artefakte v spomin. Zavedati se namreč moramo, da pri digitalnem zapisu računalnik ne loči artefakta od prave informacije.

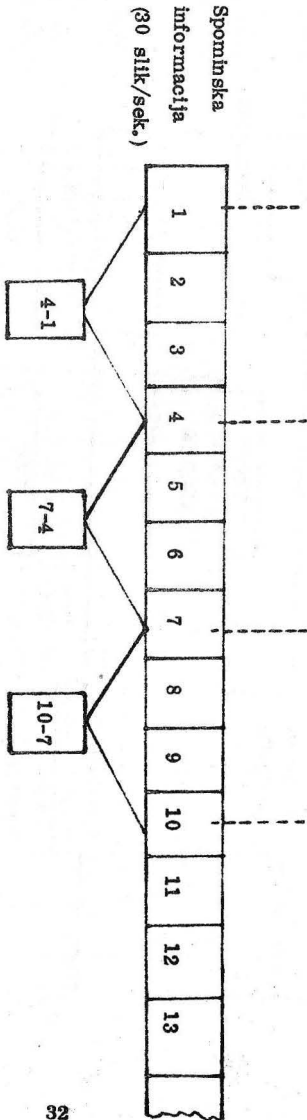
S programom lahko zmanjšamo vpliv kvantnega šuma in sneženja, vendar le ti sti del, ki je konstanten. Težko pa vplivamo na nenadne spremembe, ki povzročajo artefakte in so nepričakovane.

Skica 1

HEMA POTEKA RAČUNALNIŠKE OBDELAVE PRI DIGITALNI SUBTRAKCII
(kontinuirna slika)



IZBIRA SUBTRAKCIJSKIH PODIAG PRI RAZLIKI ČASOVNIH INTERVALOV



L I T E R A T U R A :

MISTRETTEA Ch. A. et al.: Digital vascular imaging. Medicamundi 26 (1981) 1

RAYMOND C.: Digital subtraction angiography: remasking and integration techniques. Radiography 50 (1984) 590

RODGERS H.: Digital subtraction angiography: first 900 cases. Radiography 50 (1984) 590

ROUSE S. et al.: Digital subtraction angiography: operational and technical aspects. Radiography 50 (1984) 590

SMITH G. B.: Physical principles of digital angiography. Radiography 50 (1984) 590

SPILLER B.: Uporaba računalnika v medicini. V

Spiller F. et al.: Elektronski računalniki. Elektrotehniška zveza, Ljubljana, 1971

WILSON P.: Digital imaging: an introduction. Radiography 50 (1984) 590