

# تعیین محل هیپوکمپوس در تصاویر MRI مغز انسان با استفاده از یک سیستم خبره

سید محمدرضا سیادت

دانشجوی دوره دکترا دانشکده علوم کامپیوتر - دانشگاه ایالتی وین - دیترویت - میشیگان - آمریکا  
حمید سلطانیان زاده

دانشیار گروه مهندسی برق و کامپیوتر - دانشکده فنی - دانشگاه تهران  
(تاریخ دریافت ۷۶/۹/۲۹، تاریخ تصویب ۷۸/۱۲/۲۱)

## چکیده

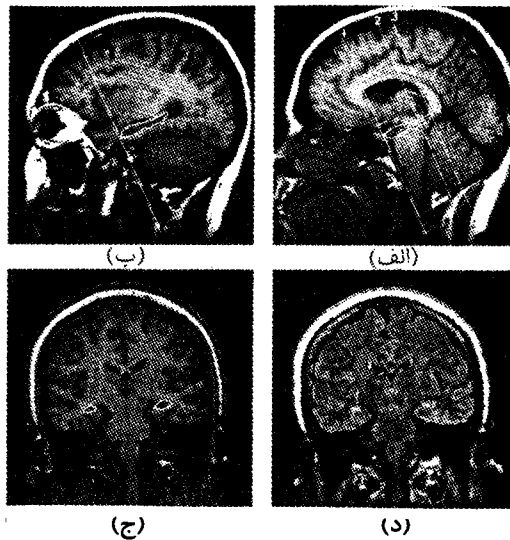
هیپوکمپوس قسمتی از ماده خاکستری و یکی از ساختارهای طبیعی مغز انسان است. برای منظورهای تحقیقاتی، تشخیصی و درمانی، تخمین حتی الامکان دقیقی از حجم این ساختار مورد نیاز است. این کار معمولاً از طریق بررسی تصاویر MRI انجام می‌شود. تخمین حجم هیپوکمپوس می‌تواند در سه مرحله به انجام رسد: (۱) تعیین محل تقریبی، (۲) تشخیص مرزهای دقیق، (۳) محاسبات مربوط به تخمین حجم هیپوکمپوس. این مقاله روشی اتوماتیک (خودکار) برای تعیین محل هیپوکمپوس ارائه می‌دهد. روش پیشنهادی ترکیبی از یک نوع بنیادی مبتنی بر جستجو برای استخراج اطلاعات تصویر، و یک سیستم خبره برای تحلیل اطلاعات جمع‌آوری شده، می‌باشد. برای طراحی سیستم خبره مورد نیاز، از یک پوسته<sup>۱</sup> سیستم خبره به نام VP-EXPERT، استفاده شده است. تحلیل اطلاعات از طریق قواعدی انجام می‌شود که برخی مبتنی بر دانش آناتومی و برخی مبتنی بر خاصیت تقارن شکل گرفته است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که تا حد زیادی می‌توان به این روش برای تعیین محل یا بازشناخت اشیاء<sup>۲</sup> در تصاویر پیچیده پزشکی امید داشت. با این روش در ۱۲۸ تصویر از ۶ بیمار، تمام لایه‌های بدون هیپوکمپوس شناسایی شده است، ضمن آنکه در ۵۸/۳٪ از لایه‌های دارای هیپوکمپوس محل این ساختار به نحو خوبی مشخص شده است.

واژه های کلیدی: سیستم خبره، تصاویر MRI، هیپوکمپوس، آنالیز تصاویر.

## مقدمه

در محل تقریبی هیپوکمپوس قرار می‌گیرد و سپس با استفاده از روشی به نام منحنی‌های متحرک<sup>۳</sup> این چند ضلعی تغییر شکل یافته و بر مرزهای دقیق هیپوکمپوس منطبق می‌شود. چند ضلعی ابتدائی توسط یک پزشک متخصص یا تکنسین آموزش دیده در محل هیپوکمپوس قرار می‌گیرد. در تحقیق حاضر سعی شده است ایجاد این چند ضلعی ابتدائی، یا به عبارتی وظیفه تعیین محل هیپوکمپوس به طور خودکار به انجام رسد. روش مورد استفاده در این تحقیق دارای دو مرحله اصلی است: (۱) استخراج اطلاعات تصویر مغز، (۲) تحلیل اطلاعات استخراج شده از تصویر. برای استخراج اطلاعات، از پیاده‌سازی یک ایده قدیمی درباره بنیادی استفاده شده است. بر اساس این نظریه منسوخ، برخورد پرتوهای خارج شده از چشم با اشیاء، موجب مشاهده آنها می‌شود. در مرحله تحلیل اطلاعات از یک سیستم خبره

هیپوکمپوس بخش مهمی از سیستم لمبیک مغز انسان است. تغییرات حجم و معماری این ساختار به همراه برخی بیماری‌ها و ناراحتی‌های مغزی مشاهده شده است. بر این اساس در بسیاری از موارد، حجم سنجی این ساختار بخصوص از روی تصاویر MRI توصیه می‌شود. روش مرسوم در تخمین حجم هیپوکمپوس به طور دستی و توسط متخصصین، زمان و هزینه زیادی را طلب میکند. ضمن آنکه در صورت تکرار این کار در شرایط یکسان و توسط یک متخصص واحد اما در زمانهای متفاوت نتایج یکسانی بدست نخواهد آمد. به منظور کاستن از هزینه‌ها و تکرار پذیر شدن آزمایشات و دقت بالاتر، فعالیتهایی در جهت تخمین حجم هیپوکمپوس به طور خودکار آغاز شده است. از میان این فعالیت‌ها می‌توان به پروژه‌ای برای تعیین مرزهای هیپوکمپوس که توسط آقای قانعی به انجام رسیده است، اشاره نمود [۱]. در این پروژه یک چند ضلعی



شکل ۱: مقاطع تصویر برداری و تصاویر مناسب برای مطالعات مربوط به هیپوکمپوس. (الف و ب) مقاطع تصویر برداری و چگونگی ظهور هیپوکمپوس در مقاطع ساجیتال. (ج و د) موقعیت مکانی هیپوکمپوس در تصاویر مورد استفاده در مطالعات حجم سنجی این ساختار: (ج) تصویر T1-weighted و (د) تصویر T2-weighted.

چیز مورد توجه بوده است. تعریف ساده شده‌ای که در این مورد اساس کار قرار گرفت بیان می‌دارد که هیپوکمپوس آخرین چین خوردگی ماده خاکستری بعد از عبور از کف و دیواره داخلی لوب تمپورال است. ماده خاکستری در بخش های مربوط به این ساختار به طرف بخش های خارجی مغز متمایل است [۷]. این ساختار عموماً مانند یک شبه جزیره از پیشروی ماده خاکستری در ماده سفید، و در دو قسمت چپ و راست تصاویر مورد استفاده در این تحقیق ظاهر شده است. لطفاً برای وضوح مطلب به ردیف پایین شکل (۱) مراجعه کنید.

## روش

پیش از ورود به دو مرحله اصلی روش پیشنهادی یعنی استخراج اطلاعات تصویر و تحلیل اطلاعات جمع آوری شده، تصاویر دودویی<sup>۵</sup> متعددی از روی تصویر اصلی ساخته می‌شود. آنگاه استخراج اطلاعات لایه مورد بررسی از روی این تصاویر دودویی انجام می‌شود.

## ایجاد تصاویر دودویی

برای ایجاد تصاویر دودویی، لازم است اطلاعات هیستوگرام تصویر استخراج شود. قله‌ها و دره‌های موجود در هیستوگرام تصاویر MRI به طور تقریبی با برخی بافت‌ها

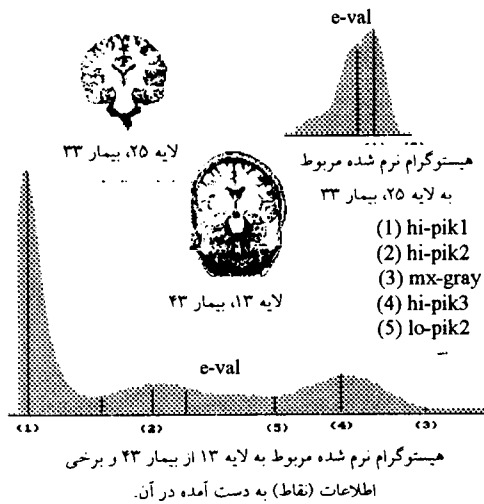
ایجاد کننده و عمل کننده بر مفاهیم نادقیق استفاده شده است. این سیستم در محیط پوسته سیستم خبره (ابزار توسعه سیستم خبره)<sup>۱</sup> توسعه داده شده است.

تصاویر مورد استفاده در این تحقیق از مقاطع کورونال به طور مایل توسط یک سیستم تصویر بردار MRI جنرال الکترونیک (Signa) با میدان مغناطیسی ثابت ۱/۵ تسلا برداشت شده است. مقاطع و زاویه تصویربرداری در تصاویر ساجیتال ردیف بالای شکل (۱) (الف و ب) مشخص شده است. همانطور که مشاهده می‌شود تمایلی که در تصویربرداری از مقاطع کورونال وجود دارد در جهت اکسیال است و مقطع تصویربرداری بر جهت ساجیتال عمود است. خصوصیات تصاویر مورد استفاده در این تحقیق به این قرار است: FOV = 25<sup>cm</sup>، اندازه تصویر: ۲۵۶×۲۵۶ پیکسل، ضخامت لایه‌های تصویر برداری شده: ۱ میلی متر، INEX، دنباله پالس gradient-echo با TE/TR = 20/500<sup>ms</sup>. تصاویر مورد بررسی از میان مجموعه‌های کاملی از تصاویر مربوط به شش بیمار که برخی از آنها مجموعه‌هایی شامل بیش از ۱۲۰ تصویر می‌باشد، به طور تصادفی انتخاب شده است. تصاویر مورد استفاده شامل تصاویر دارا و فاقد هیپوکمپوس بوده است، که روش پیشنهادی قادر به تفکیک این دو گروه از لایه‌ها می‌باشد، ضمن آنکه در لایه‌های دارای هیپوکمپوس محل تقریبی قابل قبولی برای این ساختار مشخص می‌شود.

## هیپوکمپوس

هیپوکمپوس در مغز انسان علاوه بر آنکه مانند یک بزرگراه اطلاعاتی عمل می‌کند، نقش تبدیل حافظه کوتاه مدت به حافظه دراز مدت را هم به عهده دارد [۲]. بر این اساس یکی از علل بیماری الزایمر وقوع اختلالاتی در این ساختار قلمداد می‌شود. در تحقیقات گزارش شده متعددی، ارزیابی حجم هیپوکمپوس از روی تصاویر MRI در بیماران TLE<sup>۲</sup> توصیه شده است [۳]، [۴]. HS<sup>۳</sup> نیز می‌تواند از روی طبیعی نبودن سیگنال و مورفولوژی هیپوکمپوس شناسایی شود [۵]. علاوه بر این موارد، نقش تخمین حجم هیپوکمپوس از روی MRI در تشخیص CPE<sup>۴</sup> مهم و قابل توجه ارزیابی شده است [۶].

در مورد هیپوکمپوس تعاریف فیزیولوژیک و آناتومیک متعددی وجود دارد. از نظر این تحقیق تعریفی که ظهور این ساختار را در تصاویر MRI توصیف نماید، بیش از هر



شکل ۳: هیستوگرام‌های نرم شده و تصاویر دودویی‌ای که برای نمایش CSF ایجاد شده است.

می‌شود، نوع تصویر مورد بررسی نیز مشخص می‌شود. این کار به کمک قاعده زیر بر اساس مورفولوژی هیستوگرام تصاویر و به طور تجربی به دست آمده است.

$$\text{اگر } (e\text{-val}) - (hi\text{-pik1}) < 0.1 \times (dom)$$

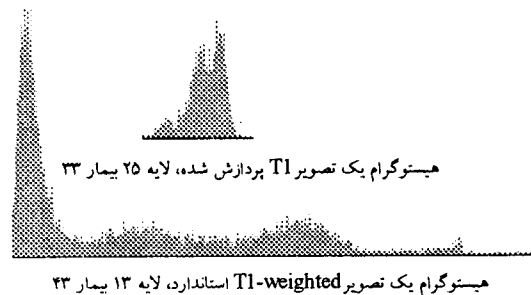
آنگاه هیستوگرام مربوط به تصاویر پردازش شده است در غیر این صورت هیستوگرام استاندارد است

در شکل (۳) مشخص شده است،  $e\text{-val}$  ممان اول هیستوگرام و  $dom$  گستره توزیع سطوح خاکستری یا شدت روشنایی پیکسل‌های تصویر است. مبنای انتخاب این قاعده آنستکه در تصاویر پردازش شده، قله بزرگی که در ابتدای هیستوگرام تصاویر استاندارد مشاهده می‌شود و مربوط است به نقاط زمینه، حذف می‌شود. در این حال  $hi\text{-pik1}$  که معرف اولین قله هیستوگرام تصویر است معمولاً به قله مربوط به بافتهای مغز مربوط خواهد شد. مثلاً در مورد لایه ۲۵ بیمار ۳۳ (شکل ۳) آنچه به عنوان  $hi\text{-pik1}$  مشخص شده است مربوط به قله سفید و خاکستری است. اما نکته‌ای که در هر حال مهم است و در وضع این قاعده مورد استفاده بوده آن است که در اثر حذف قله مربوط به زمینه در تصاویر پردازش شده، تفاضل  $(e\text{-val}) - (hi\text{-pik1})$  مقدار کوچکتری خواهد بود. مشاهدات ما در مجموعه تصاویر مورد بررسی در این باره حاکی است که در تصاویر استاندارد این تفاضل بیش از ۴۰ درصد گسترده توزیع سطوح خاکستری ( $dom$ ) است، در حالیکه در تصاویر پردازش شده، این تفاضل معمولاً مقداری منفی

و ساختارهای مغز متناظر هستند [۸]. برای مثال در هیستوگرام تصاویر T1-weighted پیکسل‌های مربوط به قله میانی متناظر با CSF است. یا اینکه در تصاویر T2-weighted قله انتهایی هیستوگرام تصویر به CSF مربوط می‌شود. در اینجا آنچه مهم و مورد استفاده است وجود یک نظم تقریبی حاکم بر توزیع سطوح خاکستری در طول محور شدت روشنایی هیستوگرام از یک سو، و بافتهای مختلف مغز از سوی دیگر است. بر مبنای چنین نظمی می‌توان تصاویری را ایجاد نمود که در آن پیکسل‌های مربوط به یک یا چند بافت مورد نظر فعال شده باشد. دو مجموعه تصویر در این تحقیق مورد استفاده بوده است: (۱) تصاویر T1-weighted استاندارد با هیستوگرام مورد انتظار، (۲) تصاویر T1-weighted پردازش شده با هیستوگرامی که معماری استاندارد خود را از دست داده است اما همچنان توزیع سطوح خاکستری در نظم مورد انتظار به سر می‌برد. شکل (۲) این دو نوع هیستوگرام را نشان می‌دهد.

برای اینکه بتوان از اطلاعات موجود در هیستوگرام تصاویر استاندارد استفاده نمود لازم است ابتدا فرکانس‌های بالای موجود در آن را حذف نمود یا اصطلاحاً آنرا نرم کرد. این کار از طریق گذراندن هیستوگرام از یک فیلتر FIR پایین‌گذر محقق می‌شود.

در شکل (۳) هیستوگرام‌های نرم شده شکل (۲) و یک نمونه از تصاویر دودویی که در آن CSF، جمجمه و مقداری از ماهیچه‌ها دیده می‌شود نشان داده شده است. اکنون در شرایطی هستیم که با تحلیل اطلاعات هیستوگرام علاوه بر آنکه سطوح آستانه مناسبی برای ایجاد تصاویر دودویی مورد استفاده در هر قسمت از الگوریتم پیدا



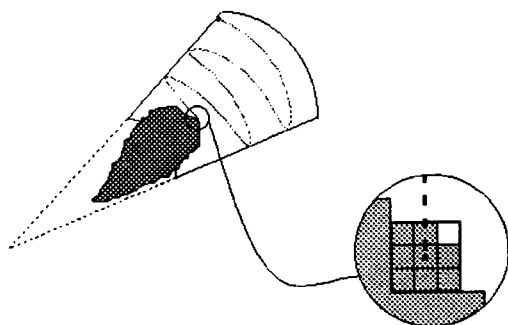
شکل ۴: دو نوع هیستوگرام از تصاویر مورد استفاده در این تحقیق.

طور کامل شناسایی و استخراج می‌شود.

### الگوریتم جستجو

الگوریتم جستجو، ناحیه خاصی را به گونه‌ای که هیچ نقطه‌ای (پیکسلی) از قلم نیفتد به طور کامل جاروب می‌کند (شکل ۵). ناحیه مورد جستجو معمولاً از یک شعاع ابتدائی شروع و در یک شعاع انتهایی خاتمه می‌یابد. در هر شعاع جستجو، ابتدا تمام نقاط بین دو زاویه مشخص شده، ارزیابی می‌شود، و سپس جستجو در شعاع بعدی از سر گرفته می‌شود. اگر شیء مورد نظر مشاهده شود الگوریتم خاتمه یافته مختصات نقطه‌ای که شروط توقف را ارضاء کرده است، گزارش می‌شود. شرط توقف می‌تواند مشاهده یک نقطه یا یک مجموعه از نقاط با حالت مشخص شده در آرگومان تابع جستجو باشد. در واقع آرگومان تابع جستجو مشخص می‌کند چه ناحیه‌ای، به چه صورت، و به دنبال چه شیئی جستجو شود. یک نمونه از جستجو، در ناحیه‌ای خاص و در مسیری شبیه به آنچه در شکل (۵) آمده است، با مشاهده پیکسلی که در اطراف آن هفت پیکسل فعال وجود دارد، متوقف شده است.

مسیر جستجو یا جاروب نواحی جستجو باید به گونه‌ای باشد که هیچ نقطه‌ای از قلم نیفتد. اما گسیل شعاع‌های بینایی در یک ناحیه جستجو با پارامتر مقدار رشد زاویه جستجو ( $\Delta\theta$ ) مشخص می‌شود. در صورت ثابت بودن مقدار  $\Delta\theta$  خصوصاً در شعاع‌های بزرگ امکان از قلم افتادن (به عبارتی دیده نشدن) برخی نقاط پیش می‌آید. برای حل این مشکل در شعاع‌های بزرگ مقدار

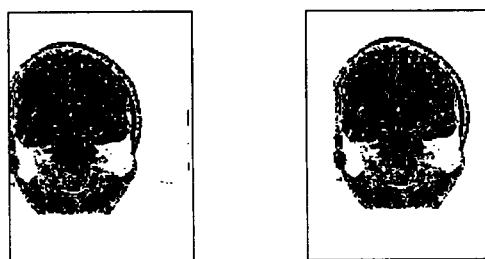


شکل ۵: نواحی و نحوه جستجو.

$\Delta\theta$  کوچکتر در نظر گرفته می‌شود (شکل ۵). البته در این نوع جستجو برخی نقاط بیش از یک بار مورد مراجعه و ارزیابی قرار می‌گیرند. با این حال روش فوق نیاز این پروژه برای مسئله جستجوی قطبی در محیط دکارتی را برآورده

خواهد بود. بنابراین ۱۰ درصد dom را به عنوان سطح آستانه استفاده نموده‌ایم. پس از تشخیص نوع تصویر بسته به اینکه تصویر مورد بررسی استاندارد یا پردازش شده باشد، دو استراتژی متفاوت برای ایجاد تصاویر دودویی اتخاذ می‌شود. این کار در اندازه‌ای بزرگتر می‌تواند روش پیشنهادی را برای رویارویی همزمان با تصاویر گوناگون MRI توانا نماید.

سه نوع تصویر دودویی متفاوت در این قسمت از الگوریتم ایجاد می‌شود. اول تصویری که در آن تمام نقاط (پیکسل‌ها) بجز نقاط مربوط به زمینه یا هوا فعال می‌شود. از این نوع تصویر برای انتقال تصویر مغز به مرکز پنجره فعال استفاده می‌شود و از آن به عنوان پروسه مرکزی کردن یاد می‌شود (شکل ۴- نقاط سیاه رنگ).



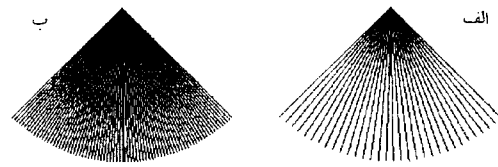
شکل ۴: پروسه مرکزی کردن تصویر مغز.

تصویر دودویی دوم به منظور فعال کردن پیکسل‌های مربوط به CSF ایجاد می‌شود. جستجو برای یافتن بطن‌های مغزی شامل بطن طرفی<sup>۱</sup> و بطن سوم<sup>۲</sup> در چنین تصویری به انجام می‌رسد. در تصویر دودویی نوع سوم ماده خاکستری مغز مشاهده می‌شود. جستجو برای یافتن هیپوکمپوس در این نوع از تصاویر دودویی صورت می‌گیرد.

### استخراج اطلاعات از تصاویر دودویی

در این مرحله از نوعی الگوریتم جستجو که تداومی کننده انتشار نور است به طور مکرر استفاده می‌شود. با استفاده از این الگوریتم یک نوع بینایی ابتدائی در محیط دو مقداره سیاه و سفید ایجاد شده است. این بینایی بر اساس ایده‌ای منسوخ و قدیمی در این باره و در یک سطح ساده شده آن شکل می‌گیرد. الگوریتم جستجو از این بابت نقش چشم سیستم را بازی می‌کند، و به کمک آن نقاطی از بطن طرفی، بطن سوم، هیپوکمپوس و سیلویین فیشر مشخص می‌شود. در صورت نیاز، به کمک یک الگوریتم مورفولوژیک، ساختار متصل به نقطه گزارش شده از مرحله جستجو، به

می‌کند. که در قاعده فوق تصریح شده است، این تغییر مکان رابطه‌ای را میان زاویه جستجو و  $y$ -bias که معرف این حرکت است پیشنهاد می‌کند. شکل (۷) ناحیه جستجو به دنبال دو قسمت بطن طرفی را در یک لایه استاندارد و چند لایه پردازش شده نشان می‌دهد.



شکل ۶: گسیل شعاع‌های بینایی، (الف) از قلم افتادن برخی نقاط، (ب) حل مسئله به طور غیر بهینه.

### استخراج ساختار بطن طرفی و بطن سوم

بعد از آنکه اولین نقاط از دو قسمت بطن طرفی گزارش شد، از یک عملگر مورفولوژیک تصاویر دودویی به نام  $FCC^1$  برای استخراج تمام نقاط مربوط به دو قسمت بطن طرفی استفاده می‌شود. این عملگر از طریق الگوریتم زیر پیاده‌سازی می‌شود [۹].

$$X_k = (X_{k-1} \oplus B) \cap A, X_0 = P, k = 1, 2, \dots$$

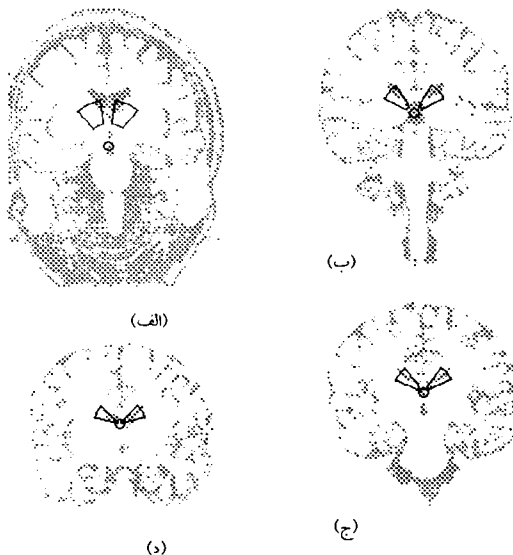
$\oplus$  بیان‌گر عملگر معروف مورفولوژیک رشد یا توسعه (dilation) است.  $B$  عنصر ساختاری مورد استفاده در رشد تصویر  $X_{k-1}$  و  $A$  کل تصویر مورد بررسی است. عمل اشتراک موجب می‌شود  $X_k$  از ناحیه یکپارچه مورد نظر که عضوی از  $A$  است فراتر نرود.  $P$  اولین نقطه از ناحیه مورد توجه است که در انتهای پروسه جستجو گزارش می‌شود. الگوریتم فوق به قدری تکرار می‌شود تا رابطه  $X_k = X_{k-1}$

### جستجو به دنبال بطن طرفی

اولین ساختار مورد جستجو بطن طرفی است، که برای یافتن هر یک از دو قسمت آن جستجوی جداگانه‌ای ترتیب داده می‌شود. این جستجوها از مرکز ثقل یا ممان اول تصویر مرکزی شده مغز یا همان مرکز پنجره فعال، شکل می‌گیرد. به خاطر تغییراتی که در وضعیت مکانی این ساختار نسبت به مرکز پنجره فعال در لایه‌های تصویری و بیماران مختلف وجود دارد ناحیه جستجو به کمک قاعده زیر مشخص می‌شود.

$y\text{-bias} < 0$	اگر
$mn-r = 10 + 0.7 \times y\text{-bias}$	آنگاه
$mx-r = 20 + 0.7 \times y\text{-bias}$	
$\theta_1 = 50 + 3 \times y\text{-bias}$	
$\theta_2 = 80 + 3 \times y\text{-bias}$	
$mn-r = 10$	در غیر این صورت
$mx-r = 20$	
$\theta_1 = 50$	
$\theta_2 = 80$	

$y$ -bias تصویر بردار انتقال مغز به مرکز پنجره فعال است. به ترتیب معادل شعاع ابتدایی و انتهایی، زاویه ابتدایی و زاویه انتهایی ناحیه جستجو می‌باشد. قاعده فوق برای یافتن بطن طرفی سمت راست وضع شده است. در تصاویر پردازش شده، تنها بافت مغز در آن مشاهده می‌شود. در این تصاویر بافت‌هایی چون جمجمه و ماهیچه‌هایی که سطح زیادی از زیر مغز را در بردار حذف شده است. به دلیل سبک شدن قسمت‌های پائین تصویر، مرکز ثقل به طرف بالای مغز انتقال پیدا می‌کند. مقدار این انتقال برای تصاویر پردازش شده متغیر است زیرا وزن قسمت حذف شده از پائین مغز برای لایه‌های مختلف متفاوت است. در برخی لایه‌ها وجود ساقه مغزی وزن قسمت حذف شده را کاهش می‌دهد. بنا بر این مرکز ثقل با کوچک شدن و از بین رفتن ساقه مغزی به طرف بالای بافت مغز حرکت می‌کند. چنان

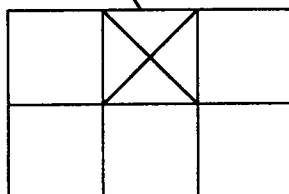


شکل ۷: نواحی تنظیم شونده جستجو برای یافتن بطن طرفی، (الف) تصویر استاندارد، (ب) تصویر پردازش شده شامل ساقه مغزی به طور کامل، (ج) تصویر پردازش شده شامل قسمت‌های انتهایی ساقه مغزی، (د) تصویر پردازش شده بدون ساقه مغزی.

برای دو قسمت بطن طرفی در بهترین حالات (و) در بیشتر لایه‌های دارای هیپوکمپوس) دو قسمت چپ و راست کاملاً مجزا مشاهده می‌شود. بنا بر این به کارگیری الگوریتم فوق برای دو نقطه گزارش شده از دو قسمت بطن طرفی، به استخراج مختصات دو مجموعه از نقاط منجر خواهد شد. اما در بعضی از حالات این قسمت‌ها به طور کامل از هم جدا نیستند و در برخی از موارد دو قسمت بطن طرفی و بطن سوم به صورت متصل به یکدیگر دیده می‌شود. در چنین حالاتی کل این مجموعه به صورت شکل‌های Y مانند و یا X مانند دیده می‌شود. در صورت پیش‌آمدن این وضعیت آنچه به عنوان قسمت راست و چپ بطن طرفی استخراج می‌شود کاملاً مشابه یکدیگر خواهد بود.

بر اساس این واقعیت می‌توان وقوع این حالت را تشخیص داد. شکل (۸) مراحل مختلف کار را در وضعیت پیش‌آمدن این حالت نشان می‌دهد. در این حالت از نقاط بالای دو شاخ بطن طرفی الگوریتم FCC اجراء می‌شود. از آنجا که در این مورد از یک عنصر ساختاری (B) به صورت شکل (۹) استفاده می‌کنیم، نواحی از طرف بالا رشدی نخواهد داشت. در این نسخه جدید از FCC، قابلیت توسعه یافته‌ای مشاهده می‌شود و به همین خاطر نام Extended FCC (EFCC) را برای آن برگزیده‌ایم.

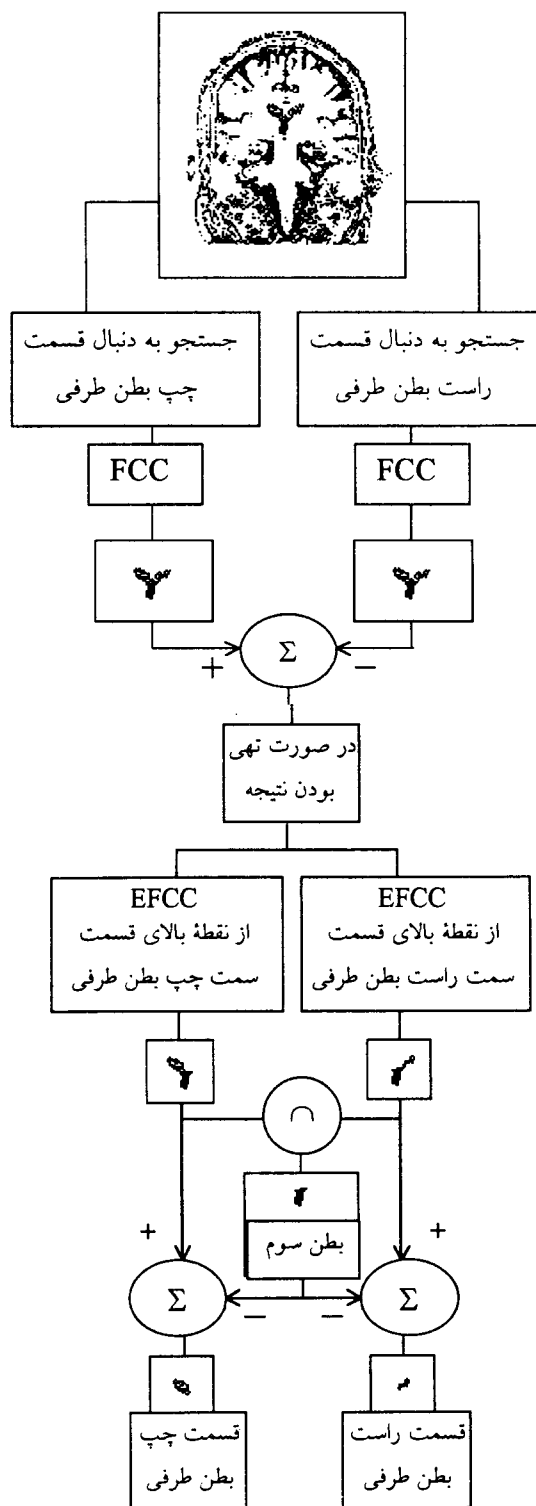
← پیکسل مرکزی



شکل ۹: عنصر ساختاری B برای رشد ناحیه به گونه‌ای که از طرف بالا محدود باشد.

بعد از آنکه گسترش رو به پائین برای دو نقطه بالای بطن طرفی انجام یافت اشتراک دو ناحیه استخراج شده بطن سوم و تفاضل بطن سوم از هر کدام از قطعات به عنوان یک قسمت از بطن طرفی قلمداد می‌شود. در مورد بطن‌ها حالت دیگری که اتفاق می‌افتد اتصال فقط یک بخش از بطن طرفی به بطن سوم است. در این حالت بخش دیگر بطن طرفی بدون در دستر استخراج می‌شود. آنگاه با استفاده از مختصات نقطه پائین این قسمت از بطن طرفی و

برقرار شود. در این حالت  $X_k$  حاوی عنصر یکپارچه مورد نظر از تصویر A است.

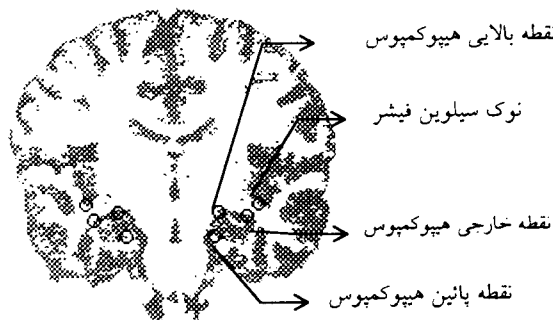


شکل ۸: دیاگرام استخراج بطن طرفی و بطن سوم در یک حالت یک تکه Y- شکل.

آوردن نوک سیلوین فیشر جستجویی از نقطه بالایی هیپوکمپوس به طرف خارج و متمایل به بالا شکل می‌گیرد. از گسترش رو به پائین نقطه گزارش شده از این جستجو با استفاده از الگوریتم EFCC به نوک سیلوین فیشر دسترسی پیدا می‌شود.

به این ترتیب شش نقطه مختلف از اطراف هیپوکمپوس به دست می‌آید، یعنی برای هر قسمت از هیپوکمپوس سه نقطه شامل نقاط بالایی، پائینی و خارجی. شکل (۱۰) نشان دهنده نقاط استخراج شده از یک نمونه از لایه‌های مورد بررسی در این تحقیق است.

در اینجا یک مرحله اساسی از روش پیشنهادی یعنی استخراج اطلاعات تصویر به انجام رسیده است. مرحله بعد تحلیل اطلاعات استخراج شده خواهد بود.



شکل ۱۰: نتایج مربوط به استخراج نقاط اطراف هیپوکمپوس و نوک سیلوین فیشر.

### تحلیل اطلاعات

تحلیل اطلاعات جمع‌آوری شده در مرحله استخراج اطلاعات، در پوسته سیستم خبره VP-EXPERT و از طریق ایجاد مقادیری به نام CNF و محاسبه‌ای خاص روی این مقادیر صورت می‌گیرد. مقدار CNF حاکی از درصد اعتماد سیستم به وجود هیپوکمپوس در لایه مورد بررسی و کیفیت تعیین محل آن است.

#### پوسته سیستم خبره VP-EXPERT

این نرم افزار در سال ۱۹۹۳ میلادی توسط شرکت Wordtech Systems آمریکا به عنوان ابزاری برای توسعه سیستم‌های خبره مبتنی بر قاعده عرضه شده است. از خصوصیات این نرم افزار می‌توان به موارد زیر اشاره کرد [۱۰]:

الگوریتم EFCC، بطن طرفی در قسمت دیگر و بطن سوم به طور جداگانه استخراج می‌شود. از آنجا که عموماً بطن سوم به صورت چند تکه ظاهر می‌شود بعد از استخراج هر تکه از آن، جستجوی جدیدی برای یافتن نقاطی از تکه‌های جدید به انجام می‌رسد. این کار تا وقتی که تمام ناحیه مشخص شده از ابتدا، جاروب نشده است ادامه پیدا می‌کند. در انتهای مرحله استخراج بطن‌های مغز، اطلاعاتی شامل مختصات تمام نقاط دو قسمت از بطن طرفی و بطن سوم به تفکیک در یک فایل اطلاعاتی ذخیره می‌شود. ضمن آنکه مختصات نقاط بالا، پائین، چپ و راست هر یک از سه قسمت بطن‌ها به عنوان مهم‌ترین اطلاعات به دست آمده از این قسمت در فایل اطلاعاتی جداگانه‌ای ذخیره می‌شود.

#### جستجو برای یافتن نقاط بالایی هیپوکمپوس

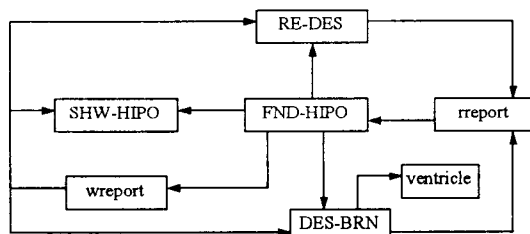
در بخش بعد جستجویی از نقطه‌ای در قسمت پائین و میانی بطن طرفی به سمت پائین و متمایل به خارج برای یافتن نقطه بالای هیپوکمپوس ترتیب داده می‌شود. این جستجو در تصاویر دودویی نوع سوم که در آن ماده خاکستری نشان داده می‌شود انجام می‌گیرد. این جستجو به منظور یافتن یک نقطه فعال انجام می‌شود.

#### جستجو برای یافتن نقاط زیرین هیپوکمپوس

از آنجا که هیپوکمپوس به صورت یک شبه جزیره از ماده خاکستری در ماده سفید در نظر گرفته می‌شود، انتظار می‌رود در قسمت‌های زیر هیپوکمپوس یک پیشروی از ماده سفید مشاهده شود. بر این اساس جستجویی به دنبال پنجره‌ای  $3 \times 3$  حداقل با ۵ پیکسل غیر فعال در نواحی زیر هیپوکمپوس با کمی تمایل به طرف داخل از نقطه بالای هیپوکمپوس شکل می‌گیرد.

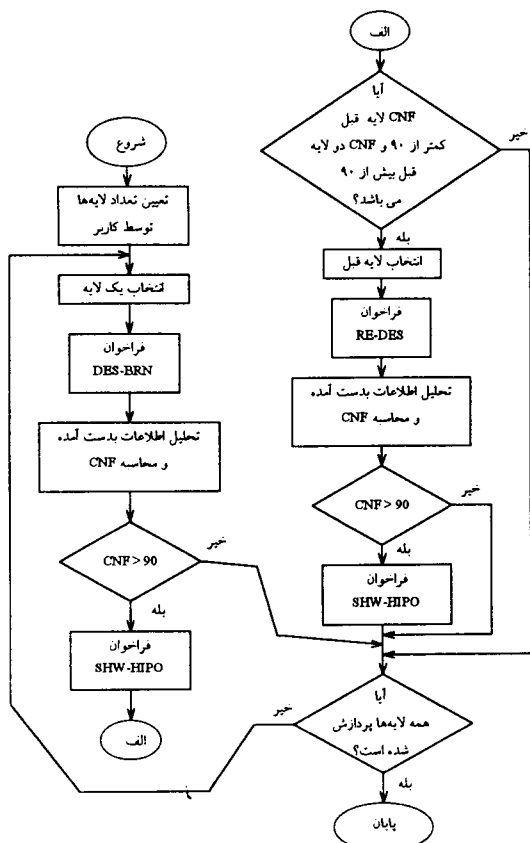
#### جستجو به دنبال نوک سیلوین فیشر و نقطه سوم هیپوکمپوس

بنا بر اظهار یکی از متخصصین در لایه‌های دارای هیپوکمپوس، سیلوین فیشر به طرف این ساختار اشاره می‌کند. بر اساس این نظر سعی شد نوک سیلوین فیشر پیدا شده، جستجویی از آن نقاط به دنبال یک نقطه فعال در قسمت‌های پائین و داخلی مغز به انجام رسد. نقطه‌ای که از این طریق به دست می‌آید، غالباً می‌تواند به عنوان نقطه خارجی هیپوکمپوس در نظر گرفته شود. برای به دست



شکل ۱۱: جریان اطلاعات و ارتباط اجزاء سیستم.

سیستم به آنچه که به عنوان هیپوکمپوس استخراج شده است، فایل اجرایی SHW-HIPO برای رسم کمان‌های گذرنده از نقاط به دست آمده در اطراف هیپوکمپوس فراخوانده می‌شود. این کمان‌ها فقط برای بهتر نشان دادن نتایج به دست آمده، ترسیم می‌شود و در این کار سعی می‌شود ناحیه بسته‌ای که بیشتر مناطق مربوط به هیپوکمپوس را در بر دارد ایجاد شود. فایل اجرایی RE-DES در مواردی فراخوانده می‌شود که یک لایه بدون هیپوکمپوس در میان دو لایه دارای هیپوکمپوس مشاهده شده باشد.



شکل ۱۲: ترتیب اجراء مراحل مختلف در روش پیشنهادی.

در چنین مواردی سعی مجددی برای پیدا کردن هیپوکمپوس در لایه میانی به انجام می‌رسد. این تلاش به

- قابلیت ایجاد فایل پایگاه دانش از روی یک جدول ساده با استفاده از دستور induction;
  - قابلیت ایجاد و انجام محاسبات مربوط به مقادیر درصد اعتماد (CNF) که می‌تواند نوعی استدلال نادقیق را در اختیار کاربر قرار دهد.
- البته این خصوصیت به خاطر محدود بودن در یک چارچوب خاص و تبعیت از قواعدی ثابت و مشخص، تنها در موارد خاصی قابل استفاده است که با طبیعت مفاهیم مورد بررسی سازگار باشد. به این خاطر و از آنجا که رفتار مفاهیم نادقیق و مقادیر متناظر با آن در تحقیق حاضر با قواعد استنتاج VP-EXPERT هم‌خوانی نداشت، از امکانات این نرم افزار برای کار با مقادیر CNF استفاده نشد. دیگر ویژگی‌های این نرم افزار به قرار زیر است:
- قابلیت chaining برای پیوند پایگاه‌های دانش متعدد به یکدیگر;

- تولید خودکار برخی سوالات که بدون دانستن پاسخ آنها رسیدن به نتیجه ممکن نیست؛
  - وجود توابع ریاضی نسبتاً متنوع؛
  - توانایی فراخوانی برنامه‌های اجرایی قابل اجراء در محیط سیستم عامل DOS;
  - وجود دستوراتی که از سیستم خبره می‌خواهد فعالیت‌هایش را طی یک کار مشاوره‌ای توضیح دهد؛
  - وجود سطح آستانه حقیقت یا صدق!
- VP-EXPERT واقعیاتی را که در جریان استدلال CNF کوچک‌تر از سطح آستانه مذکور به دست آورند از مجموعه واقعیات سیستم خارج می‌کند.

#### معماری و ساختار سیستم خبره پیشنهادی

در ابتدا سیستم خبره ساختار فایل‌های اطلاعاتی rreport و wreport را برای ارسال و دریافت اطلاعات و به عبارتی ایجاد ارتباط بین اجزاء سیستم شکل می‌دهد. شکل (۱۱) جریان اطلاعات و ارتباط اجزاء سیستم را نشان می‌دهد.

FND-HIPO به عنوان مغز سیستم خبره طراحی شده، فایل اجرایی DES-BRN را برای منظور استخراج اطلاعات از تصویر لایه مورد بررسی فرامی‌خواند. اطلاعات گزارش شده توسط این فایل اجرایی در FND-HIPO که شامل یک پایگاه قواعد و روش خاصی برای استنتاج است تحلیل (آنالیز) می‌شود. در صورت بالا بودن اعتماد



مورد مقایسه قرار می‌دهد. در این مورد انتظار چنین است که یک نقطه از ساختاری خاص، بالاتر، پائین‌تر، داخلی‌تر، و یا خارجی‌تر از نقطه‌ای مربوط به ساختاری دیگر باشد. اینگونه انتظارات کیفی به سادگی می‌تواند به روابط کمی تبدیل شود. این ملاک نیز ریشه در شناخت آناتومیک دارد. ملاک‌های نوع سوم که مستقل از آناتومی مطرح می‌شود، مبتنی بر پیش‌فرض تقارن است. در صورتی که تصاویر در جهات کورونال یا اکسیال یا ترکیبی از این دو، بصورت مایل، تهیه شده باشد، این وضعیت تقارنی مشاهده خواهد شد. ولی اگر تمایلی در جهت ساجیتال وجود داشته باشد وضعیت تقارنی به هم خواهد خورد. پس این پیش‌فرض وابسته به جهت تصویر برداری و نیز عدم وجود ساختارهای غیر طبیعی مخدوش کننده تقارن می‌باشد. در مورد تصاویر مورد استفاده در این پروژه هر چند تصاویر به صورت مایل برداشت شده است، اما چون این تمایل از ترکیب دو جهت کورونال و اکسیال پدید آمده است، همچنان خصوصیت تقارن نسبت به محور عمودی گذرنده از مرکز تصویر به چشم می‌خورد. البته تقارنی که از آن صحبت می‌شود یک تقارن نسبی است و واضح است که منظور این نیست که نیمه سمت چپ مغز تصویر آئینه‌ای نیمه سمت راست آن باشد.

بر اساس ملاک‌های سه‌گانه بیان شده سه دسته از قواعد ایجاد می‌شود که در ادامه تفصیل آن خواهد آمد.

۱ - قواعد مطلق مکانی: این قواعد موقعیت مکانی یک نقطه از یک ساختار را بدون توجه به ساختارهای مجاور یا ساختارهای مشابه در نظر می‌گیرد. تعداد این نوع قواعد به خاطر تغییرات زیادی که در ساختارها از یک لایه به لایه دیگر دیده می‌شود محدود است. همچنین این قواعد غالباً نسبت به تغییر بیمار مورد بررسی، حساس است. یک قاعده از این نوع که در FND-HIPO روی تصاویر ۱۲۸×۱۲۸ مرکزی شده، در مورد مقدار  $\gamma$  نقاط بالای هیپو کمپوس به کار برده شده است، به این صورت است:

```
RULE 27
IF WGP-LY > 85 OR
WGP-RY > 85
THEN MG-OK = 100
ELSE MG-OK = 0;
```

البته از این قاعده به صورت یک تله استفاده می‌شود و این مورد قاعده‌ای با عمومیت زیاد نیست که شرح این موضوع

این جهت است که شکل فضایی یا توپولوژی هیپو کمپوس اجازه نمی‌دهد لایه‌ای بدون هیپو کمپوس در میان دو لایه دارای هیپو کمپوس وجود داشته باشد. شکل (۱۲) ترتیب و پیشرفت مراحل مختلف روش پیشنهادی را نشان می‌دهد. همانطور که در فلوجارت شکل (۱۲) دیده می‌شود در ابتدا از شخص کاربر (user) در مورد تعداد تصاویر و محل ذخیره‌سازی آنها پرسیده می‌شود. آنگاه لایه‌ای انتخاب شده، اطلاعات آن استخراج می‌شود. اگر مقدار اعتماد سیستم به لایه مورد بررسی بر اساس اطلاعات دریافتی بیش از مقدار آستانه ۹۰ باشد، لایه دارای هیپو کمپوس تلقی شده و کمان‌هایی در اطراف هیپو کمپوس رسم می‌شود. در ادامه بررسی می‌شود که آیا لایه قبل بدون هیپو کمپوس و دو لایه قبل دارای هیپو کمپوس تشخیص داده شده است یا خیر. در صورت مثبت بودن پاسخ به حالتی با لایه‌ای فاقد هیپو کمپوس در میان دو لایه دارای هیپو کمپوس برخوردیم. بنا بر آنچه بیشتر بیان شد، جستجوی مجددی را برای یافتن هیپو کمپوس به طور مناسب ترتیب می‌دهیم. این جستجو از نقاط بدست آمده در لایه‌های مجاور روی لایه میانی به دنبال نقاط اطراف هیپو کمپوس صورت می‌گیرد. نتایج استخراج مجدد نقاط مختلف هیپو کمپوس برای ارزیابی مجدد به سیستم خبره فرستاده می‌شود. در انتها بررسی می‌شود که آیا تمام لایه‌ها پردازش شده است یا خیر. در صورت مثبت بودن جواب به پایان برنامه رسیده‌ایم و در غیر این صورت تمام مراحل فوق برای لایه انتخابی بعدی تکرار می‌شود.

### قواعد مورد استفاده و استدلال نهایی

برای بدست آوردن CNF هر لایه، از قواعدی استفاده می‌شود که بر مبنای سه نوع ملاک یا معیار تعیین می‌شود. ملاک‌های نوع اول بیان می‌دارند که برخی از ساختارهای مغز در لایه‌های مورد نظر وضعیت مکانی نسبتاً مشخصی دارند، به این معنی که انتظار می‌رود در محدوده‌های خاصی یافت شوند. بر این اساس اگر نقطه‌ای از یک ساختار داخل محدوده مورد انتظار باشد، درصد اعتماد سیستم به آن لایه افزایش پیدا خواهد کرد. چنین انتظاری یک توقع آناتومیک است و ریشه در دانش آناتومی طراح قاعده دارد. ملاک‌های نوع دوم وضعیت نسبی - مکانی نقطه یا نقاطی از یک ساختار را با ساختارهای دیگر

RULE 26  
 IF TP-BTMY > 12 AND  
 DEFY < 0  
 THEN VN-OK = 100  
 ELSE VN-OK = 0;

مقدار VN-OK با ضریب ۰/۱۵- در استدلال نهایی شرکت داده می‌شود، این مقدار باعث کاهش CNF در لایه مورد بررسی خواهد شد. این قاعده لایه چهارم از بیمار ۲۳ را از مجموعه لایه‌های دارای هیپوکمپوس خارج می‌کند و امکان تشخیص غلط را در این مورد از بین می‌برد. قاعده دیگر از این نوع که به مکان نسبی نقاط بالایی و خارجی هیپوکمپوس می‌پردازد در ادامه ارائه می‌شود:

DEFL = (WGP-LY - WE-HYLY)  
 DEFR = (WGP-RY - WE-HYRY)  
 AVR = (DEFL + DEFR)  
 FIND CONV-OK

.....  
 RULE 28  
 IF AVR > 6  
 THEN CONV-OK = 100  
 ELSE CONV-OK = 0;

این قاعده در صورتی بر CNF نهایی تاثیر خواهد گذاشت که مجموع تفاضل‌های نقاط بالایی هیپوکمپوس و نقاط خارجی بیش از ۶ پیکسل باشد که در این صورت نوعی افتادگی نقطه خارجی هیپوکمپوس تشخیص داده می‌شود. در چنین وضعیتی CONV-OK با ضریب ۰/۱۵- از ضریب اعتماد نهایی (CNF) خواهد کاست. در غیر این صورت نقش خاصی در استدلال به عهده نخواهد داشت.

۳- قواعد مبتنی بر پیش فرض تقارن: این قواعد موقعیت نسبی مکان قرار گرفتن یک نقطه را نسبت به نقطه مشابه از طرف دیگر مغز، بررسی می‌کند. چنانکه اشاره شد، انتظار می‌رود مشابهتی در مقادیر  $y$  هر نقطه و نقطه مشابه آن در طرف دیگر وجود داشته باشد. از آنجا که تقارن نسبت به محور عمودی گذرنده از وسط مغز وجود دارد، انتظار می‌رود متوسط مقادیر  $x$  برای چنین نقاطی در پنجره  $128 \times 128$ ، حول وحوش ۶۴ در آید. توضیح اینکه برای ساده‌سازی مدیریت حافظه، تصاویر  $256 \times 256$  تا اندازه  $128 \times 128$  پیکسل کوچک شد. قواعد زیر بر این اساس شکل گرفته است.

DEFX = (@ABS(WB-HLX - WB-HRX))  
 DEFY = (@ABS(WB-HLY - WB-HRY))  
 AVR = (@ABS(64 - (WB-HLX + WB-HRX) / 2))  
 FIND HOLE-OK

.....  
 RULE 1

جلوتر خواهد آمد. انتظار چنین است که مقادیر  $y$  نقاط بالایی هیپوکمپوس بیش از ۸۵ نباشد، در صورتی که چنین اتفاقی بیافتد  $MG-OK = 100$  خواهد شد، که در استدلال نهایی با علامت منفی و یک ضریب ۰/۱۵، از CNF کل خواهد کاست.

۲- قواعد نسبی مکانی: این قواعد موقعیت مکانی یک نقطه از یک ساختار را با نقاطی از ساختارهای دیگر مقایسه می‌کند. مثال زیر قاعده‌ای از این نوع است:

DEFL = (@ABS(WE-HYLY - WGP-LY))  
 DEFR = (@ABS(WE-HYRY - WGP-RY))  
 FIND GEY-OK

.....  
 RULE 21  
 IF DEFL < 10 AND  
 DEFR < 10  
 THEN GEY-OK = 100  
 ELSE GEY-OK = 0;

قاعده فوق براساس این توقع طراحی شده است که قدر مطلق اختلاف ارتفاع نقطه بالایی و نقطه خارجی هیپوکمپوس نمی‌تواند از یک مقدار آستانه بیشتر شود. این مقدار آستانه در قاعده ۲۱ مقدار ده نقطه (پیکسل) در نظر گرفته شده است. تابع @ABS مقدار قدر مطلق آرگومان خود را بازمی‌گرداند و دستور FIND به همراه آرگومان GEY-OK موجب فعال شدن قاعده ۲۱ خواهد شد. در صورتی که توقع سیستم خبره در شرط قاعده برآورده شود،  $GEY-OK = 100$  به دست می‌آید، و این مقدار با ضریب ۰/۲ در استدلال نهایی موجب بالا رفتن CNF لایه مورد بررسی خواهد شد. GEY-OK مشخص کننده نوعی نسبت قابل قبول در ارتباط مکانی بین دو نقطه بالایی و خارجی هیپوکمپوس می‌باشد. این مقدار، اعتماد سیستم را از یک نقطه نظر خاص به لایه مورد بررسی، نشان می‌دهد. قاعده دیگر بر این اساس شکل می‌گیرد که می‌دانیم در لایه‌های دارای هیپوکمپوس بطن‌ها با شکل خاصی بیشتر شبیه  $Y$  و یا  $X$  دیده می‌شود. در هر دو حالت نقطه بالایی بطن سوم از نقاط بالایی بطن طرفی پائین‌تر است. در برخی لایه‌های فاقد هیپوکمپوس آنچه به عنوان بطن استخراج می‌شود این حالت را ندارد و بنابراین می‌توان از این موضوع برای تشخیص برخی از لایه‌های بدون هیپوکمپوس استفاده نمود.

AVR = ((TP-LHY + TP-RHY) / 2)  
 DEFY = (TP-BTMY - AVR)  
 FIND VN-OK

.....

اعتماد در نظر گرفته می‌شوند، با مقادیر منفی یابیش از صد (درصد) که معرف مقدار یک است، مقداردهی نشود. قاعده ۲۲ در مقدم خود تنمۀ فضای مقدم را پوشش می‌دهد، به این ترتیب مجموعه این قواعد انواع حالات را با مقادیر میان صفر و صد برای HOLE-OK متناظر می‌کند. این مجموعه قواعد، به عنوان قاعده HOLE-OK خوانده می‌شود. قاعده یا قواعد مشابهی درباره مکان نقاط خارجی و نقاط بالایی هیپوکمپوس، و نیز دسته قواعدی درباره مختصات نوک سیلین فیشر وضع شده است. این نوع قواعد کاربردی عام داشته و نقش سازنده‌ای در ایجاد CNF به عهده دارند. در حالیکه قاعده‌ای مانند VN-OK بطور موردی وضع شده است، و در مواردی که شرط این قاعده برقرار می‌شود، به گونه‌ای عمل خواهد شد که مقداری از CNF نهایی کاسته شود، و در بقیۀ موارد حالت خنثی داشته باشد. در صورتی که عکس این حالت پیاده می‌شد، مقداری بایاس بیهوده به CNF تمام لایه‌ها به استثناء چند لایۀ خاص که به عنوان هدف قاعده در نظر گرفته شده‌اند، اضافه می‌شد. ضمن آنکه در این صورت اضافه کردن قواعد مشابه که بطور مسوردی و انگشت شمار فعال می‌شود، مستلزم دست زدن به ضرائب قواعد عمومی استدلال می‌شود.

تا اینجا، یک نوع تقسیم بندی سه‌گانه درباره قواعد، ارائه شد. نوع دیگر تقسیم‌بندی، که از نظر مفهومی اهمیت دارد، براساس مقادیر تخصیصی توسط قواعد شکل می‌گیرد. همانطور که در مورد قواعدی مثل قاعده GEY-OK (قاعده ۲۱) دیده شد، با فعال شدن این قاعده، مفهوم GEY-OK تنها یکی از دو مقدار صفر و یا صد را به دست می‌آورد. در مقابل، دسته قواعد SILV-OK مقادیر گوناگونی بین صفر تا صد را برای این مفهوم مقداردهی می‌کند. از این نظر، قواعد به دو قسمت تقسیم می‌شوند، (۱) قواعد دو مقداره، (۲) قواعد چند مقداره.

اما استدلال نهایی برای به دست آوردن مقدار TOTAL-CNF، با استفاده از یک ترکیب خطی از مقادیر امکان نسبت داده شده به مفاهیمی مانند HOLE-OK، SILV-OK، و ... صورت می‌پذیرد:

$$\begin{aligned} \text{TOTAL-CNF} = & (a_1 \times (\text{HOLE-OK}) \\ & + a_2 \times (\text{EXT-OK}) + a_3 \times (\text{GLD-OK}) \\ & + a_4 \times (\text{SILV-OK}) + a_5 \times (\text{GEY-OK}) \\ & + a_6 \times (\text{VN-OK}) + a_7 \times (\text{MG-OK}) \\ & + a_8 \times (\text{CONV-OK}) \end{aligned}$$

```
IF DEFX >= 10 AND
DEFY <= 5 AND
AVR <= 5
THEN HOLE-OK = 100;
```

RULE 2

```
IF DEFX >= 10 AND
DEFY > 5 AND
AVR <= 5
THEN HCNF = (100 - 10 × (DEFY));
```

RULE 3 ...

RULE 4 ...

RULE 5

```
IF HCNF >= 0
THEN HOLE-OK = (HCNF)
ELSE HOLE-OK = 0;
```

RULE 22

```
IF DEFX <= 10
THEN HCNF = 0;
```

قواعد ۱، ۲، ... و ۵ و قاعده ۲۲ بطور دست‌جمعی برای به دست آوردن مقدار HOLE-OK به عنوان درصد اعتماد یا امکان درستی نقاط به دست آمده به عنوان نقاط زیرین هیپوکمپوس یعنی WB-HL و WB-HR به کار می‌آید. شرط اول مقدم قاعده ۱ چندان ارتباطی با مسئله تقارن ندارد. این شرط این توقع را بیان می‌دارد که نقاط زیرین هیپوکمپوس نباید از حد آستانه‌ای درجهت x به یکدیگر نزدیک‌تر باشند. شرط دوم و سوم مندرج در این قاعده اما، مستقیماً مسئله تقارن را نشانه گرفته‌اند و بیان می‌دارند اولاً، تفاوت مقادیر y نباید بیش از پنج نقطه باشد و ثانیاً، متوسط مقادیر x نباید بیش از پنج نقطه با ۶۴ که مقدار x و y مرکز پنجره است فاصله داشته باشد. قواعد ۲، ۳ و ۴ فضای مقدم را در حضور شرط اول پوشش می‌دهد. در این قواعد بسته به بزرگی مقدار انحراف از حالت تقارن، مقادیر بیشتری از مقدار بیشینه ۱۰۰ کم می‌شود و نهایتاً مقدار تخصیص داده شده به HOLE-OK مقدار باقیمانده از تفاضل فوق خواهد بود. از آنجا که ممکن است عبارات تفاضلی اشاره شده در بالا مثل  $(100 - 10 \times (\text{DEFY}))$  به مقادیر منفی منجر شود، ابتدا این مقدار به متغیر میانی HCNF اختصاص می‌یابد و در مرحله بعد براساس قاعده ۵ در صورتی که این مقدار بزرگ‌تر یا مساوی صفر باشد، بعنوان مقدار HOLE-OK در نظر گرفته می‌شود. سعی بر آن است که مفاهیمی مانند HOLE-OK که به عنوان مقدار

داشته‌ایم. این مقدار در حد ۶۹٪ بوده است. به دست آوردن نوک سیلوین فیشر با موانع متعددی می‌تواند روبرو شود، نظیر اینکه جستجو از نقطه بالای هیپوکمپوس برای یافتن سیلوین فیشر در نقاط مجاور نقطه بالای هیپوکمپوس به طور زودرس متوقف شود. یا اینکه الگوریتم گسترش رو به پائین ساختار سیلوین فیشر به دلائلی مثل سر بالا بودن ساختار سیلوین فیشر نقطه‌ای را در نواحی پائین مغز گزارش نماید. البته خوشبختانه چنین حالتی در لایه‌های دارای هیپوکمپوس مشاهده نمی‌شود. درصد موفقیت استخراج مختصات نوک سیلوین فیشر ۷۸/۹٪ بوده است.

جستجو برای نقطه خارجی هیپوکمپوس با مشکل چندانی مواجه نیست. موفقیت در این مورد ۷۵٪ بوده است که مقدار کم موفقیت، ناشی از ناموفقیت‌هایی است که در قسمت قبل یعنی یافتن نوک سیلوین فیشر داشته‌ایم.

در مرحله تحلیل اطلاعات و برای ارزیابی عمومیت کاربرد و صحت کارکرد هر یک از قواعد، درصد موفقیت هر قاعده در بررسی ۳۲ لایه از تصاویر مربوط به بیمار ۴۳ در نمودار شکل (۱۳) آمده است. این آمار بر اساس رفتار هر قاعده در برخورد با اطلاعات دریافتی از لایه‌های مختلف مغز این بیمار خاص تهیه شده است. انتظار آن است که هر قاعده در لایه‌های بدون هیپوکمپوس مقدار CNF نهایی را کاهش و در لایه‌های دارای هیپوکمپوس این مقدار را افزایش دهد. نمودار شکل (۱۳) نشان می‌دهد که قواعد اصلی مورد استفاده در سیستم خبره به طور مناسب وضع شده‌اند. چنان که مشاهده می‌شود این قواعد در مقابل وجود و کیفیت تعیین محل هیپوکمپوس حساسیت خوب و مناسبی از خود نشان می‌دهد. از آنجا که مجموعه‌ای از قواعد مبتنی بر تقارن در بین قواعد مورد استفاده حضور دارد، اگر به هر علتی تقارن تصاویر از بین برود روش پیشنهادی کارایی خود را از دست خواهد داد. از بین رفتن تقارن می‌تواند به خاطر پیدا شدن ساختارهای غیرطبیعی مانند تومورها و یا وجود تمایل در جهت ساجیتال در هنگام تصویر برداری ایجاد شود.

یک نمونه از مواردی که با استفاده از اطلاعات لایه‌های مجاور به تعیین موفقیت آمیز محل هیپوکمپوس در لایه میانی مبادرت شده است در مورد لایه ۱۳ از بیمار ۵۳ بوده است. همان طور که در شکل (۱۴-الف) نشان داده شده است، در ابتدا نوک سیلوین فیشر و نقطه خارجی

برای ضرائب  $a_1$  تا  $a_5$  مقدار  $0/2$  و ضرائب  $a_6$ ،  $a_7$  و  $a_8$  مقدار  $0/15$  در نظر گرفته شده است. در بهترین حالات مقدار تخصیص داده شده به CNF کل (TOTAL-CNF)، صد (درصد)، معرف مقدار یک خواهد بود. وزن‌دهی، براساس اندازه عمومی کاربرد قواعد تعیین شده است. براساس رابطه پیشنهادی امکان منفی شدن CNF کل وجود دارد که در چنین حالتی مقادیر منفی به مقدار صفر تبدیل خواهند شد.

## نتایج، بحث، کارهای آینده

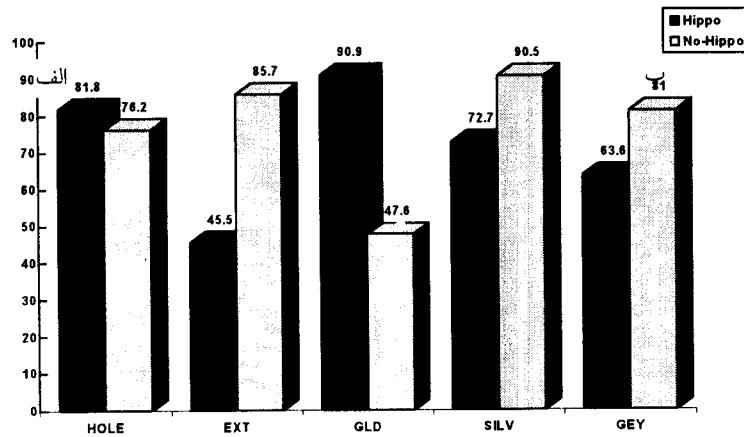
الگوریتم ایجاد تصاویر دودویی موفقیت بالایی را علی‌رغم وجود تصاویری با هیستوگرام‌های مختلف به دست آورده است. با این حال آنچه که بیشترین تاثیر را در خطاهای ایجاد شده در مراحل بعدی روش پیشنهادی داشته است، خوب ایجاد نشدن تصاویر دودویی در بعضی از موارد بوده است. ایجاد نامناسب تصاویر دودویی شامل موارد متعددی از جمله فعال شدن پیکسل‌های بافت‌هایی غیر از بافت مورد نظر و عدم تعادل در ظهور ساختارهای دو طرف تصویر است. به نظر می‌رسد اگر بتوان تصاویر ایده‌آلی ایجاد نمود، می‌توان به درصدهای بسیار بالاتری از موفقیت دست یافت. ضمن آنکه در چنین حالتی می‌توان وظیفه تعیین مرزهای دقیق هیپوکمپوس را نیز به طور هم‌زمان و به سادگی انجام داد. یکی از کارهایی که انجام آن در آینده مورد نظر خواهد بود، ایجاد تصاویر دودویی با دقت بالا و یکنواخت از نظر ظهور ساختارهای مختلف در آن است.

در مورد استخراج بطن‌های مغزی موفقیتی در حد ۸۷٪ به دست آمده است. در این مورد مشکلات معمولاً از آنجا ناشی می‌شود که بطن سوم با قسمت‌های پائینی تصویر که گاه شامل بافت‌های ماهیچه‌ای است به صورت مرتبط مشاهده می‌شود. به خاطر این موضوع به اطلاعات قسمت‌های پائین بطن سوم نمی‌توان چندان اعتماد داشت. یکی از بالاترین موفقیت‌های به دست آمده در این تحقیق مربوط است به یافتن نقاط بالای هیپوکمپوس. ۹۲/۵٪ از جستجوها به دنبال این نقطه به طور موفقیت آمیز به انجام رسیده است.

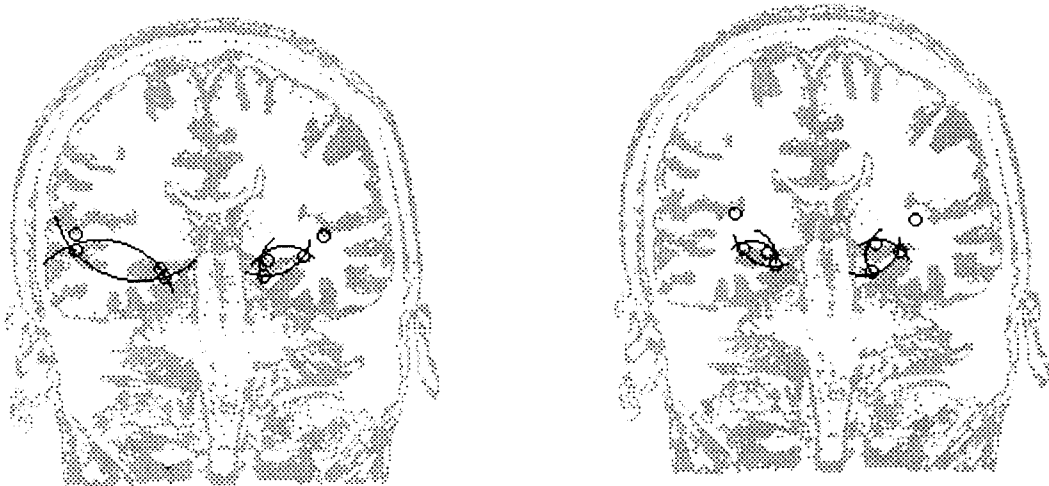
اما در باره به دست آوردن نقطه پائین هیپوکمپوس به خاطر متغیر بودن ارتفاع هیپوکمپوس و تفسیرات زیادی که در شکل و معماری پیش‌روی ماده سفید زیر هیپوکمپوس دیده می‌شود، درصد موفقیت کمتری

نقاط اطراف هیپوکمپوس دوباره به دست آمده است. اطلاعات مجدداً استخراج شده، دوباره مورد ارزیابی قرار گرفته، و این بار لایه دارای هیپوکمپوس با محل مشخص شده مناسب اعلام شده است (شکل ۱۴-ب).

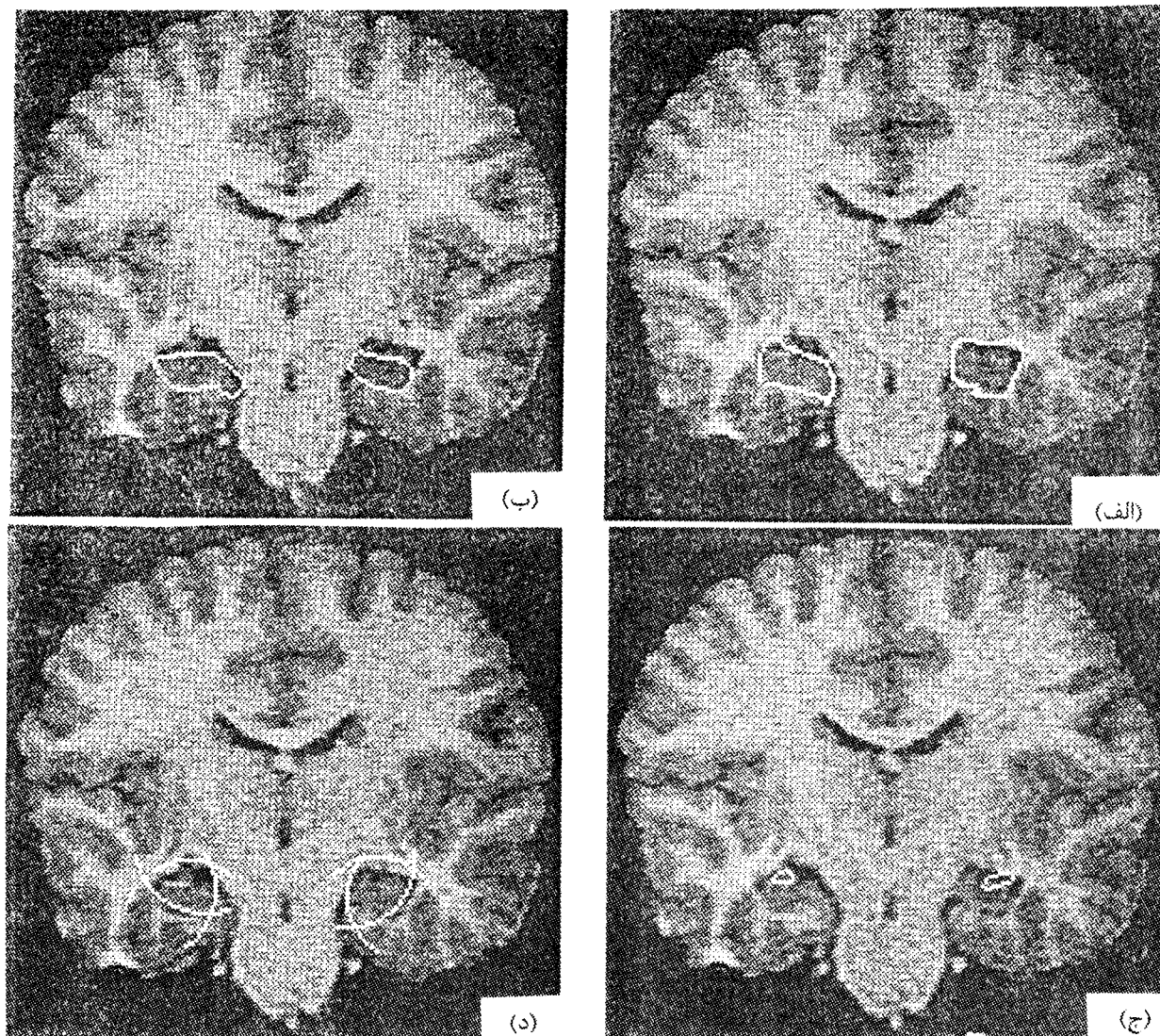
هیپوکمپوس هر دو به طور نامناسب پیدا شده است. مغز سیستم خیره این لایه را لایه‌ای دارای هیپوکمپوس در نظر نگرفته است. اما چون این لایه در میان دو لایه شامل هیپوکمپوس بوده است، با استفاده از اطلاعات لایه مجاور



شکل ۱۳: نمودار درصد موفقیت هر قاعده در تصاویری از بیمار ۴۳.



شکل ۱۴: نتیجه استفاده از اطلاعات لایه‌های مجاور برای تعیین محل هیپوکمپوس.



شکل ۱۵: سه نمونه از نظرات متخصصین درباره محل و مرزهای هیپوکمپوس، (الف) دکتر امیر جمشیدی، (ب) دکتر الیزاویتچ، (ج) دکتر سندرز، و (د) نتیجه اعمال روش پیشنهادی.

لایه‌های دارای هیپوکمپوس (مثل نقاط تیره رنگی که در لایه‌های انتهایی دارای هیپوکمپوس در مسیر ورود ماده سفید به لوب تمپورال مشاهده می‌شود).

۴- یافتن حل بهینه برای جستجوی قطبی در فضای دکارتی.

۵- توسعه روش جستجو از محیط ساده دو مقداره سیاه سفید به تصاویری با سطوح خاکستری متنوع و در مرحله بعد تصاویر رنگی حاصل از ادغام تصاویر چندگانه MRI.

۶- جستجوی مبتنی بر قاعده در لایه‌هایی که با استفاده از اطلاعات لایه‌های مجاور، محل هیپوکمپوس در آنها مشخص شده است. در

نظرات چند تن از متخصصین درباره محل هیپوکمپوس و نتیجه اعمال روش پیشنهادی در این باره در قسمت‌های مختلف شکل (۱۵) آمده است. چنان که مشاهده می‌شود، هر چند در مورد مرزهای دقیق هیپوکمپوس اتفاق نظر وجود ندارد، اما در مورد محل این ساختار، نظرات مشابه است.

در مورد کارهای آینده می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ۱- یافتن نقاط بیشتری در اطراف هیپوکمپوس.
- ۲- تلاش برای افزایش کیفیت ایجاد تصاویر دودویی.
- ۳- ایجاد تصاویر دودویی جدید برای برجسته کردن رگه‌های سیاه رنگ بالایی هیپوکمپوس و برخی علائم مربوط به شروع یا خاتمه

### تشکر و قدردانی

در این تحقیق از نظرات متخصصین مغز و اعصاب، آقایان دکتر عباس امیر جمشیدی (دانشگاه علوم پزشکی تهران - بیمارستان سینا)، دکتر کاست الیزاویچ، و دکتر ویلیام سندرز (بیمارستان فوردمریکا) در مورد محل هیپوکمپوس استفاده شده است، که به این وسیله از آنها تشکر می‌کنیم. همچنین از حمایت‌های معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تهران و پژوهشکده سیستم‌های هوشمند قدردانی می‌نمائیم.

این مورد قواعد سر راستی وجود دارد که در این تحقیق مورد استفاده قرار نگرفته است.  
 ۷- یافتن یک نوع همبستگی اطلاعاتی بین لایه‌ها و تعیین محل هیپوکمپوس بر این اساس در لایه‌هایی که محل هیپوکمپوس در آنها به خوبی پیدا نشده است.  
 ۸- در این پروژه اطلاعات تصاویر  $256 \times 256$  به یک چهارم تقلیل پیدا کرد و از تصاویر  $128 \times 128$  استفاده شد. استفاده از تمام اطلاعات می‌تواند نتایج بهتری در بر داشته باشد.

### مراجع

- ۱ - قانعی، ا. "جداسازی ساختارهای خاص از روی تصاویر MRI با استفاده از روش کانتور دینامیک"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه برق و کامپیوتر، دانشکده فنی، دانشگاه تهران، (۱۳۷۵).
- ۲ - طباطبایی، "تورو آناتومی". جزوه درسی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، (۱۳۷۴).
- 3 - Paesschen, W. V., Sisodiya, S., Connelly, A. et al. (1995). "Quantitative hippocampal MRI and intractable temporal lobe epilepsy." *Neurology*, Vol. 45, No. 12, PP. 2233-40.
- 4 - Free, S. L., Li, L. M, Fish, D. R. et al. (1996). "Bilateral hippocampal volume loss in patients with a history of encephalitis or meningitis." *Epilepsia*, Vol. 4, No. 37, PP. 400-5.
- 5 - Jackson, G. D. (1995). "The diagnosis of hippocampal sclerosis: other techniques." *Magn. Reson. Imaging*, Vol. 8, No. 13, PP. 1081-93.
- 6 - Christensen, T., Pedersen, B. and Jensen, F. T. (1996). "MR-scanning in complex partial epilepsy." *Ugeskr Laeger*, PP. 5624-6.
- 7 - Bertram, E. G. M. and Moore, K. L. (1983). *An atlas of the human brain and spinal cord*, Williams & Wilkins.
- 8 - Tsai, C., Manjunath, B. S. and Jagadee-san, R. (1995). "Automated segmentation of brain MR images." *Pattern Recogn.*, Vol. 28, No. 12, PP. 1825-37.
- 9 - Gonzalez, R. C. and Woods, R. E. (1992). *Digital image processing*, Addison Wesley.
- 10 - User Manual of VP-EXPERT: (1993). *Rule-based expert system development tool*, Wordtech Systems, Inc.

### واژه نامه :

- 1 - Object Recognition
- 2 - Dynamic Contours
- 3 - VP-EXPERT

بازشناخت اشیاء  
 منحنی‌های متحرک  
 ابزار توسعه سیستم خبره

