دستیابی به فناوری مخزن هوشمند، آزمون بزرگ مدیریت تکنولوژی در توسعه صنایع بالادستی نفت و گاز

سمیرا نوروزی لواسانی[1]
محقق ارشد شرکت پژوهشگران نانوفناوری
مهدی داراب، فاطمه موید، مهدیه فرازکیش
کارشناسان فرآیند گروه مهندسی شیمی دانشکده فنی دانشگاه تهران

چکیده مقاله

یکی از فناوری‌های پیشرفته جدید در صنایع بالادستی، تکنولوژی مخزن هوشمند[2] است.

نقطه آرمانی در مخازن هوشمند آنجایی است که خطاهای آزمایشگر، زمان‌های تلف شده و هزینه‌های فعلی دسترسی به اطلاعات و تجزیه و تحلیل داده‌های مخزن به حداقل برسد و با افزایش جدی کیفیت بررسی رفتار مخازن رشد چشمگیری در عملیات اکتشاف و تولید و توسعه میادین حادث شود.

این فناوری هنوز در دنیا توسعه نیافته و دو چالش عمده عملیاتی در مسیر آن سد پیشرفت شده که در مقاله بدان‌ها خواهیم پرداخت. تحقق تکنولوژی مذکور در کشور بدلیل جدید بودن آن از یک سو و منافع بسیارش از سوی دیگر به آزمون بزرگی برای مدیریت تکنولوژی ــ یعنی مهمترین ابزار بومی‌سازی و توسعه فناوری ــ در توسعه صنایع بالادستی بدل خواهد شد.

در این مقاله نخست به معرفی مخازن هوشمند و برتری‌های آن نسبت به مخازن معمول می‌پردازیم. سپس چالش‌های عمومی و فنی و راهکارهای اجرایی آنها جهت دستیابی کشور به این فناوری انقلابی را بررسی می‌کنیم. در بخش راهکارهای فنی، تولید گونه‌ای سامانه تحلیلگر مجتمع[3] و نگارش بسته نرم‌افزاری منعطف را برای حل معضلات فنی پیشنهاد خواهیم نمود.

واژه‌های کلیدی: صنایع بالادستی، مدیریت تکنولوژی، نانوفناوری، سیستم‌های تحلیلگر مجتمع، مخزن هوشمند

---

[1] nsut@irannano.org
[2] Smart Reservoir Technology
[3] Total Analysis System

۱- مقدمه

صنعت نفت در جایگاه قدیمی‌ترین صنعت کشور، همواره به دلیل سهم به سزایی که در تامین اعتبارات کشور داشته، بسیار مورد توجه بوده است. بررسی سیاست‌های کلان متصدیان این امر در کشور و نیز شرکت‌های بین المللی مربوطه در سال‌های اخیر، حاکی از تمرکز فعالیت‌های توسعه‌ای و توجهات تکنولوژیکی بر صنایع بالادستی است که البته سمت و سوی حرکت مدیران داخلی نیز این مسئله را تایید می‌کند. اما با چنین چشم‌اندازی الگوی مناسب توسعه صنایع بالادستی در کشور چیست؟

بررسی ساختار صنایع نفت کشورهای مختلف حاکی از وجود دو الگوی توسعه متفاوت می‌باشد:

نخست الگوی توسعه مبتنی بر بهره‌برداری و دیگر الگوی توسعه مبتنی بر فناوری[۱].

الگوی نخست که پایه برنامه‌ریزی بیشتر کشورهای نفت‌خیز جهان می‌باشد، بر اساس بهره‌برداری از مخازن به کمک سرمایه خارجی و تکنولوژی وارداتی بنا شده است.

الگوی دوم که مدل عملکرد کشورهای صنعتی و نوعا غیر نفت‌خیز جهان است، حول بسط توان علمی مهندسی، طراحی و توسعه بومی در بخش‌های فنی صنعت نفت شکل گرفته است.

در مجموع الگوی توسعه بر مبنای فناوری حتی بدون در نظر گرفتن برتری‌های سیاسی و راهبردی[۴] که در جای خود قابل بررسی است، به سبب ارزش افزوده فراوان، ایجاد رونق اقتصادی، تضمین امنیت انرژی و اشتغال‌زایی بر دیگر الگوی توسعه ارجحیت بسیار دارد. از اینرو می‌بایست به سوی تطابق برنامه‌های توسعه‌ای کشور با این الگو حرکت نمود، حال آنکه بررسی الگوها و زیرساخت‌های صنعت نفت کشور بیانگر آن است که تا کنون تقریبا از الگوی توسعه بر مبنای بهره‌برداری پیروی شده است[۲]. اما با توجه به آنچه ذکر شد، اساسی‌ترین اختلاف میان این دو الگو، تفاوت نگرش به تکنولوژی و نقش آن در توسعه می‌باشد. از دید گروه معتقد به الگوی اول، فناوری به معنای ابزار و تجهیزات بهره‌برداری از منابع نفتی است و در نتیجه به آسانی می‌توان آن را تهیه نمود. اما در دیدگاه دوم، فناوری مجموعه‌ای از افزارهای انسانی، سازمانی، اطلاعاتی و تجهیزاتی است که می‌تواند از منابع نفتی به خوبی بهره‌برداری نماید.

مهمترین تجسم فعلی این دیدگاه در خصوص صنایع بالادستی، "فناوری مخزن هوشمند[۵]" است. حصول فناوری مخزن هوشمند می‌تواند اولین تجربه کلان صنایع نفت کشور برای تحقق الگوی توسعه بر مبنای فناوری باشد. تجربه‌ای که در صورت موفقیت آن صنایع بالادستی و به تبع آن صنعت نفت و اقتصاد وابسته به نفت کشور متحول خواهد شد.

---

[4] Politic and Strategic Advantages

[5] Smart Reservoir Technology

۲- مخزن هوشمند

چاههای نفت هزاران متر در زیر زمین، در دما و فشاری بسیار بالا و شرایطی متغیر به مخازنی می‌رسند که شناخت ویژگی‌ها و مشخصات آنها بیشتر بر پایه پیش‌بینی و پیش‌گویی است. عملیاتهای طولانی مدت و هزینه‌بر اکتشاف سبب گردیده که مرحله اکتشاف مخازن با حفر حداقل تعداد چاهها سپری شود، از اینرو موقعیت مخزن و چگونگی توزیع سیالات درون آن بر احتمالات استوار می‌باشد. مرحله عملیات و بهره‌برداری نیز علاوه بر آنکه با مشکلات ناشی از کمبود اطلاعات مرحله اکتشاف مواجه می‌باشد، فرآیندی ناپایدار است. زیرا که خصوصیات مخزن بصورت ناهمگونی با گذر زمان و ادامه برداشت تغییر می‌نماید. به عبارتی دیگر ما با مجموعه فرآیندهای پیچیده‌ای مواجه هستیم که در معرض پدیده‌ها و رخدادهای پیش‌بینی نشده فراوانی می‌باشند اما تحت فرمان هیچ سیستم کنترلی نبوده و هر گونه مشکلی در مسیر عملکرد آنها خسارات زمانی و اقتصادی فراوانی را در پی خواهد داشت. مهمترین نیاز مدیریتی این مجموعه امکان پایش[6] لحظه به لحظه رخدادها و وقایع درون مخزن و وجود تجهیزات و امکانات لازم برای مواجهه با تغییر شرایط می‌باشد. این نیاز منجر به شکل‌گیری "طرح مخزن هوشمند" گردیده است.

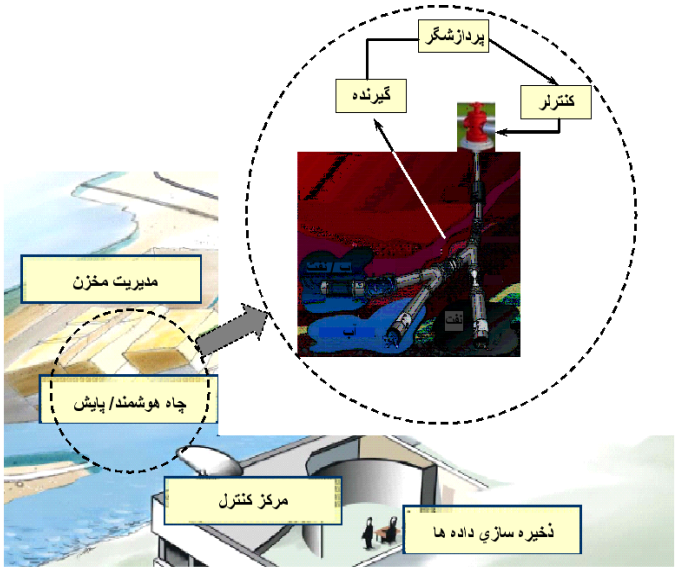
۲-۱- مخزن هوشمند چیست؟

در طرح مخزن هوشمند، اتفاقات درون چاهی به طور مداوم مورد پایش قرار می‌گیرند و لحظه به لحظه به بخش پردازشگر منطقه‌ای فرستاده شده و در این بخش پردازش‌های لازم بر روی داده‌های خام جهت شبیه‌سازی مخزن و مدلسازی سنگ و سیال صورت می‌گیرد (شکل شماره ۱). سپس نتیجه این پردازش به بخش مدیریت مخزن گزارش شده و تصمیمات و استراتژی‌های لازم اتخاذ می‌گردد و به این ترتیب با ایجاد هوش مصنوعی برای مخزن، فرآیند مدیریت مخزن به طور مداوم انجام می‌گیرد.

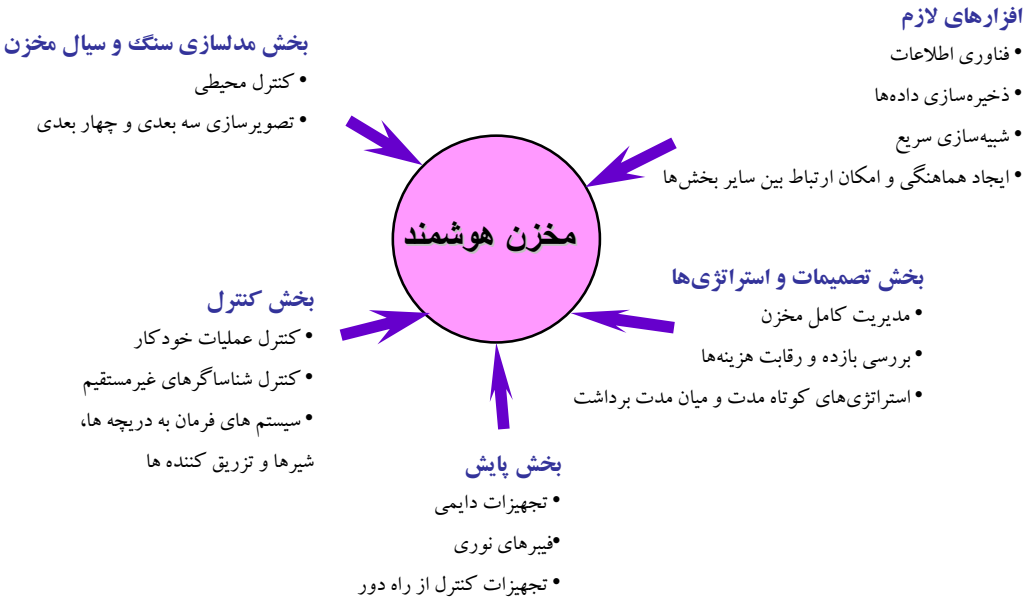
اجزای مخزن هوشمند در شکل شماره ۲ به اجمال نشان داده شده است.

---

[6] Monitoring



شکل شماره ۱ طرح مخزن هوشمند



شکل شماره ۲ اجزای مخزن هوشمند

۲-۲- برخی فعالیت‌های انجام شده در دنیا جهت دستیابی به مخزن هوشمند

در نگاه کلی به مقوله شناسایی درون چاهی سیال مخزن و اطلاع دقیق از شرایط ترمودینامیکی و سیالاتی میدان (شامل خواص مخزن و خواص حرکتی سیالات) فعالیت های پنج ساله اخیر شرکت های بزرگ نفتی

ذیل عنوان " چاه هوشمند[۷] " خلاصه می گردد. باید توجه داشت مراد از مخزن یا میدان هوشمند مفهومی فراتر از چاه هوشمند است ، لیکن مبنای علمی سنجش خواص در طرح چاه هوشمند و در تعیین مشخصات بهنگام سیال مخزن[۸] به عنوان جزیی از تئوری اصلی با اهمیت است. از این رو نمونه‌های موجود در دنیا و بررسی فعالیت های انجام شده در دستیابی به فناوری نوین مخزن هوشمند کارساز خواهد بود .

۲-۲-الف- اولین نمونه موفق سیستم چاه هوشمند در میدان نفتی یبال[۹] در کشور عمان توسط شرکت هلندی- انگلیسی شل[۱۰] در ۱۹۹۸ راه اندازی شده که به ادعای کارشناسان این شرکت ۵۰٪ کاهش هزینه‌های حفاری و تولید کمترین سود این پروژه بوده است [٤] .

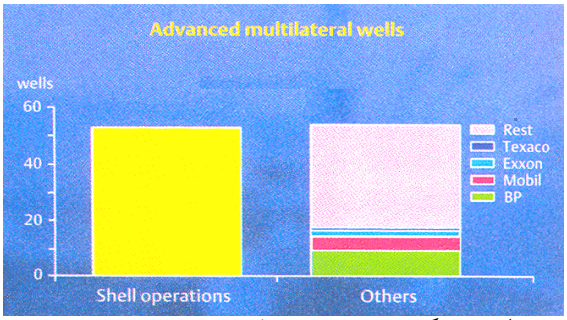
این شرکت چاه‌های هوشمند دیگری را نیز در مناطق نفتی نیمر[۱۱] و هیما[۱۲] راه اندازی نموده است .

۲-۲-ب- آنگونه که در شکل شماره۳ دیده می‌شود شرکت‌های نفتی بی‌پی، موبیل، اگزون، تگزاکو و رست نیز فعالیت قابل توجهی در ایجاد چاه‌های هوشمند در ۵ سال اخیر داشته‌اند که البته میزان فعالیت همه آنها کمتر از شل است.

۲-۲-ج- شرکت شلمبرجر نیز فعالیت‌های وسیعی در ساخت دو وسیله _آزمایشگر منعطف وپویا[۱۳] و آزمایشگر تکرار پذیر درون‌چاهی[۱٤] _جهت تحلیل خواص مخزن وسیال مخزن در میادین نفتی نموده [٥] و اختراعی را تحت عنوان "سیستم‌ها و روش‌های چاه هوشمند" در این زمینه به ثبت رسانده است [٦].

۲-۲-د- فعالیت های نظری انجام شده در باب مخزن هوشمند نیز در بعضی از دانشگاهها وبنگاه‌های تحقیقاتی دنیا به چشم می‌خورد .

کنسرسیوم شبکه مخزن هوشمند اروپا متشکل از مراکز تحقیقاتی نفتی اروپا ، دانشگاه استنفورد و دانشگاه دلف برجسته‌ترین مجموعه فعال در این زمینه هستند [۷] .



شکل شماره ۳ فعالیت شرکت‌های نفتی حول موضوع چاه هوشمند در ۵ سال اخیر[٤]

[7] Intelligent Well
[8] Updated Reservoir Fluids Characterization
[9] Yibal
[10] Shell Exploration and production Co.
[11] Nimr
[12] Haima
[13] Modular Dynamic Formation Tester
[14] Slimhole Repeat Formation Tester

۲-۲- فعالیت‌های مرتبط در ایران

۲-۲-الف- در پژوهشگاه صنعت نفت با عنوان "نانوتکنولوژی در صنعت نفت و تعیین اولویتها" انجام شده که در آن مسئله استفاده از سیستم‌های ریزساختار در شناسایی خواص مخزن به عنوان یکی از کاربردهای نانوفناوری در صنایع بالادستی استخراج شده و اولویت انجام آن در کشوراثبات گردیده است[۱۰].

۲-۲-ب- فعالیت جدیدی نیز با عنوان "استفاده از سیستم‌های تحلیلگر مجتمع در شناسایی خواص سیال مخزن" در همین پژوهشگاه آغاز شده که می‌تواند به مثابه قدم اولیه برای دستیابی به فناوری مخزن هوشمند تلقی گردد[۱۵].

۲-۲-ج- فعالیت‌های مطلوبی در حیطه سیستم‌های میکروالکترومکانیکی در دانشگاه تهران صورت گرفته که حتی به ثبت اختراع در مجامع بین‌المللی نیز انجامیده و خود نقطه امیدی در تکمیل چرخه مخزن هوشمند در کشور است[۱۶].

۳- چالش‌های موجود در تحقق ایده مخزن هوشمند و راهکارهای پیشنهادی

در این بخش به بررسی نقاط کور و مبهم این طرح در راه تحقق آن می‌پردازیم. این نقاط مبهم به دو دسته چالش‌های عمومی و فنی تقسیم می‌گردند.

۳-۱- چالش‌های عمومی

متاسفانه در کشور ما برای انجام یک طرح پژوهشی علاوه بر مسایل علمی و مشکلات فنی اقتصادی باید معضلات دیگری را نیز پشت سر گذاشت که در بسیاری از موارد مشابه هستند و محققین تقریبا به عنوان جزء لاینفک فعالیت خود چالش‌های عمومی را نیز در نظر می‌گیرند. در مورد این فناوری چالش‌های عمومی و راهکارهای آنها به شرح ذیل خواهد بود:

۳-۱-الف- ارتباط ضعیف میان صنعت و دانشگاهها و مراکز تحقیقاتی

دوری صنعت و دانشگاه مقوله‌ای قدیمی و زخمی کهنه در کشور تلقی می‌شود. تمام طرح‌ها از جمله توسعه این فناوری که در مرزهای دانش قرار دارند با این مسئله روبرو هستند. راهکار آن ایجاد عزم جدی در مدیران صنعت جهت تکنولوژی محور شدن و رو به دانش جدید آوردن از سوی جامعه صنعتی و کاربردی شدن علوم دانشگاهی، افزایش بازدیدها و ارتباطات صنعتی توسط جامعه دانشگاهی خواهد بود. به عنوان راه حلی که فعالیت هر دو طرف را طلب می‌کند می‌توان به گسترش طرح‌های اینترنشیپ جهت دانشجویان مهندسی نفت و مخازن اشاره نمود.

۳-۱-ب- ساختار صلب پژوهشی صنایع بالادستی نفت و کمبود توجه به واحدهای تحقیق و توسعه مهندسی در این بخش

مدیران ارشد پژوهش صنعت نفت هم به این چالش اذعان کرده‌اند [۷]. چارچوب‌های جدیدی که در وزارت نفت جهت تسهیل امور تحقیقاتی ایجاد شده، بارقه‌های امیدی در جهت حل این مشکل بوجود آورده بود، لکن چند شغلگی مسئولین رده‌بالا، ضعف مدیریت این بخش‌ها همراه با کاغذبازی که از بخش‌های

دیگر کشور کمتر نیست، این امیدها را نیز کمرنگ کرده است. به نظر می‌رسد راه‌های حل مسئله تغییر اساسی در مجموعه پژوهش و توسعه شرکت ملی نفت[15]، ایجاد نظام ارزیابی جدی، کاهش بوروکراسی و مراحل اداری تا حد امکان و توجه بیشتر به طرح‌های پیشنهادی نو توسط محققین و دانشجویان رشته‌های مرتبط باشند.

۳-۱-ج- تجربیات ضعیف در مقوله پژوهش‌های میان رشته‌ای

گزاره "ایرانی‌ها کارهای فردی را بهتر از کارهای گروهی انجام می‌دهند" غلط مصطلحی است که رفته رفته به فرهنگ پژوهشی ما نیز راه یافته و راهکار آن آرزویی است که مدیران کلان بخش‌های مختلف از جمله پژوهش در سر می‌پرورانند و بررسی دقیق آن خود نیاز به مقاله جداگانه‌ای خواهد داشت اما در مورد این طرح خاص باید گفت که همکاری مناسبی در میان اساتید رشته‌های مختلف به صورت پراکنده (و نه با هدف تحقق مخزن هوشمند) در کشور صورت می‌گیرد. دستیابی به این فناوری یک فعالیت میان‌رشته‌ای با شرکت متخصصین الکترونیک و ابزار دقیق، فناوری اطلاعات، مهندسی شیمی، مهندسی نفت، مهندسی مکانیک، فیزیک و شیمی است. پیرامون همکاری جدی مهندسین برق و الکترونیک و مهندسین شیمی که به شفاف شدن قسمت بزرگی از بخش پایش و کنترل مخزن هوشمند می‌انجامد نمونه‌های بسیار مطلوبی در کشور وجود دارد که فناوری نانو به عنوان طلایه‌دار همگرایی علوم، وجه این اشتراک است [۸]. حمایت از طرح‌های میان‌رشته‌ای و تقویت زمینه‌های مشترک رشته‌های ذکر شده و تشویق پژوهنده‌ها برای حرکت به این سمت راهکارهای این چالش خواهد بود.

۳-۲- چالش‌های فنی

با پیشرفت‌های مناسبی که در کشور حول محور فرمولاسیون ریاضی پدیده‌های پتروفیزیکی و ژئوشیمیایی و محاسبات عددی در حل اینگونه مسایل [۹] و همچنین کلیت موضوع فناوری اطلاعات صورت گرفته، در بخش مدلسازی مخزن و ابزار مرتبط با آن اعم از ارسال و انتقال آنی داده‌ها و ذخیره‌سازی و پردازش آنها با مشکل جدی مواجه نیستیم.

---

[15] رویکرد غالب در این مجموعه بها دادن به طرح‌های علی‌الظاهر شدنی و روتین است. حال آنکه این نگرش باید اینگونه اصلاح شود که رشد صنایع بالادستی و جبران عقب‌ماندگی‌های عمیق این بخش تنها با حرکت‌های بنیادی و عبور از مرزهای دانش و همچنین اعتماد به پژوهنده داخلی میسر است. شایان ذکر است که خوشختانه رویکرد مذکور در پژوهشگاه صنعت نفت کمابیش وجود دارد، لکن متولی پروژه‌های کلان بالادستی کشور مجموعه‌های شرکت نفت هستند که لاجرم طرح‌های پژوهشی باید از کانال امور پژوهش و توسعه این شرکت عبور کند.

لکن قسمت غامض مسئله در توصیف مخزن و مهمتر از همه حسگری و آشکارسازی مؤلفه‌های ایستا[16] و پویای[17] مخزن[۱۲] است لذا به عقیده مؤلفین چالش‌های فنی دستیابی به این فناوری به شرح ذیل خواهد بود:

۳-۲-الف- عدم امکان پایش و کنترل مخزن

در حال حاضر در دنیا هیچ سامانه‌ای برای پایش و کنترل جامع مخزن وجود ندارد. با این توضیح که منظور از پایش و کنترل جامع دسترسی به تغییرات تمام مؤلفه‌های مهم با زمان در حین تولید و مقدار آنی هر یک از مؤلفه‌هاست. این مسئله در اولین گام برای پیشروی به سوی مخزن هوشمند کارشناسان را به چالش خواهد کشید. همچنین تنوع داده‌ها و نیز عدم قطعیت در روش‌های مختلف شناسایی فعلی خواص ایستا و پویا به پیچیدگی مساله می‌افزاید (نقدا فرض بر آن است که با توجه به عدم وجود سیستم آنالیزی و شناسایی کامل همه خواص مورد نظر ناچار به استفاده از بعضی داده‌های حاصله از روش‌های معمول و سنتی هستیم).

به عقیده نگارندگان فناوری سیستم تحلیلگر مجتمع راهکار مناسبی جهت پایش اتفاقات درون‌چاهی است. امروزه سیستم‌های الکترومکانیکی با ساختارهای ریز[18] بسیار پیشرفت کرده‌اند و استفاده از آنها باعث کوچک شدن اندازه حسگرها و محرک‌ها شده است. کوچک بودن این سیستم‌ها به آنها قابلیت عمل در مکان‌های بسیار کوچک و غیر قابل دسترس برای انسان را می‌دهد. همچنین با استفاده از این سیستم‌ها امکان انجام چندین آزمایش بطور همزمان و موازی وجود دارد که باعث حل مسئله تعدد و تنوع داده‌ها می‌گردد. این سیستم‌ها با قابلیت ویژه‌ای که دارند سنگ و سیال مخزن را در هر لحظه از زمان آنالیز کرده و با ارسال سیگنال‌هایی این اطلاعات را در اختیار سیستم‌های دریافت کننده برون چاهی قرار می‌دهند و به این ترتیب پایش مخزن صورت می‌گیرد. همچنین این سیستم‌ها انعطاف پذیری بالایی برای تهیه داده‌های مختلف دارا هستند و به جهت دقت بالایی که دارند، نتایج قابل اعتمادی را در اختیار قرار می‌دهند. در شکل شماره ٤ نقش سیستمی این چنین در مدیریت مخزن هوشمند نمایش داده شده است.

موارد ذیل باید در طراحی سامانه فرضی میکرونی ما تشکیل شده از یک تراشه[19]، تعدادی حسگر[20] و آشکارساز[21]، چندین محرک[22] و آرایه‌های ارسال داده[23] در نظر گرفته شود:

- ✓ گستره دمایی : ۱۰۰ تا ۲۵۰ درجه فارنهایت.
- ✓ محافظت محیطی: کپسوله‌سازی[24] سامانه جهت مقابله با خراش و ساییدگی، تنش و خوردگی.

---

[16] اطلاعات ایستای (Static date) مخزن عبارتند از: اطلاعات لرزه‌نگاری، زمین‌شناسی، ژئوفیزیکی، ژئوشیمیایی , پتروفیزیکی

[17] اطلاعات پویا (Dynamic date) مخزن عبارتند از:خواص ترمودینامیکی سیالات (PVT) و اطلاعات ژئومکانیکی

[18] Micro and Nano Electro Mechanical Systems (MEMS & NEMS)

[19] Chip

[20] Sensor

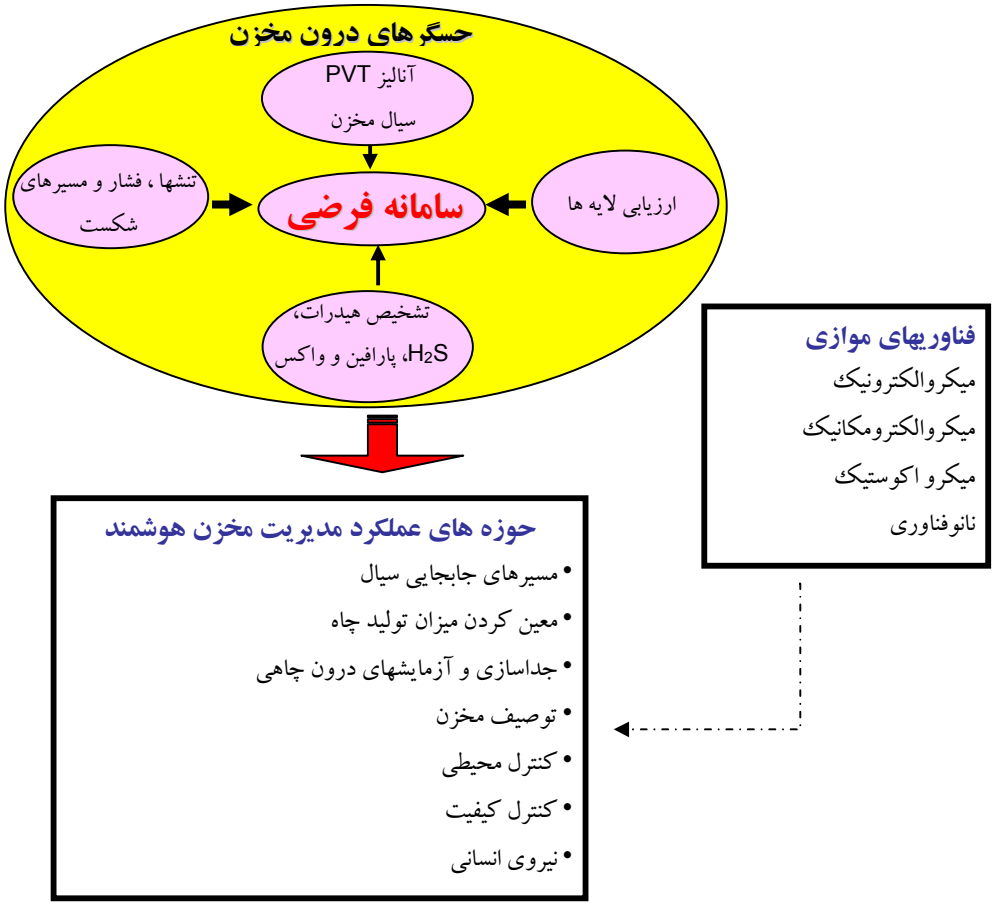
[21] Detector

[22] Actuator

[23] Data Transmission array

[24] Encapsulation

- ✓ ظرفیت‌های داخلی: تامین نیروی محرکه داخلی، امکان ارسال بی‌سیم مولفه‌های حالت، مکان و داده‌های اندازه‌گیری شده بصورت سیگنال.
- ✓ دید و پایش: پوشش ۳۶۰ درجه‌ای مخزن و حسگرهای بلادرنگ
- ✓ ظرافت و دقت: دقت ۰/۱ درصد در واحد جهت آشکارسازی درصدهای اشباع، گرانروی‌ها، درصد ترکیب سازنده‌های هیدروکربنی و مؤلفه‌های شناسایی سنگ و ارزیابی لایه (جنس لایه، اندازه حفرات و توزیع آنها، نفوذپذیری و میزان تخلخل)
- ✓ اعتبار: ۲ تا ۵ سال بدون نیاز به تعمیر و جایگزینی
- ✓ حسگرها: مجتمع‌سازی تعدادی حسگر و آشکارساز (بنا به تعداد مولفه‌های مورد نظر برای شناسایی) بر روی یک حسگر چند منظوره[۲۵]



شکل شماره ٤ نقش سامانه پیشنهادی در مدیریت مخزن هوشمند

[25] Multi Purpose Sensor

۳-۲-ب- منحصر به فرد بودن هر مخزن و عدم امکان تعمیم مدل‌ها

از آنجا که مخازن هیدروکربوری با ویژگی‌های خود کاملا یگانه و منحصر به فرد هستند، برای مدلسازی هر مخزن مساله‌ای جدید با مفروضات جدید طرح شده است. در واقع چنانچه با پرداخت هزینه گزافی یک مخزن با تجهیز شدن به ابزار و وسایل به صورت هوشمند درآید داده‌های آن فقط در مورد خود آن مخزن راهگشاست و و نمی‌توان نسبت به تعمیم آن به مخازن دیگر اقدام نمود.

در مورد یکتایی داده‌های مربوط به هر مخزن باید توجه داشت که مکانیزم بررسی و رسیدن به پاسخ در مورد تمامی مخازن یکسان است زیرا مخازن ایران با اینکه از نوع مخازن کلاسیک ماسه‌سنگ نیست _که این مسئله کار را برای استفاده از داده‌های کشورهای دیگر مشکل می‌کند_ اما غالبا متشکل از سنگ‌های کربناته و دارای شبکه شکاف هستند. همچنین اغلب سنگ‌های مخازن کشور تراوایی پایین دارند که راه را برای محاسبات عددی مؤلفه‌های ایستای مخزن پیرامون سنگ هموار می‌سازد. ماهیت هیدروکربن و سیال درون چاه نیز در مناطق نفتی کشور یکی است و تفاوت در میزان حضور هر یک از اجزای هیدروکربوری در مخزن است. لذا پارامترهای متغیر در مدلسازی هر مخزن تنها درصدهای اشباع، فشار و دبی سیال خواهد بود.

راه حل مقابله با این چالش نگارش نرم‌افزار جامع و در اصطلاح برنامه‌نویسی منعطف[۲۶] برای تحلیل داده‌هاست. این برنامه علاوه بر دارا بودن یک پایگاه داده‌های[۲۷] کامل مخازن کشور امکان ورودی اطلاعات در مورد سه دسته خاصیت متغیر هر مخزن را نیز داشته باشد. به این صورت که پس از تعیین مشخصات مخزن و شناسایی خواص متغیر، این خواص _که بصورت پیش‌فرض[۲۸] در بسته نرم‌افزاری[۲۹] در نظر گرفته نشده است_ بطور خودکار به عنوان خوراک اطلاعاتی در ماتریس‌های محاسبه تزریق شده و از این مرحله به بعد مدلسازی مخزن آغاز می‌گردد.

شایان ذکر است نگارش چنین بسته نرم‌افزاری نظر به وجود استعدادهای قابل اطمینان در تولید کد در کشور چندان دور از دسترس نیست.

---

[26] Flexible Software
[27] Reservoirs Database
[28] Default
[29] Software Package

٤- نتایج و نکات اصلی

۱. مخزن هوشمند ایده ایست که در آن اتفاقات درون چاهی، خواص ایستا و پویای مخزن پایش و بصورت بهنگام تحلیل می شود. عواید مسلم تحقق این ایده عبارتست از: ازدیاد برداشت، تولید صیانتی و صرفه‌جویی اقتصادی بخاطر حذف قسمت‌های نمونه‌گیری، جابجایی و آزمایش نمونه‌ها و تحلیل برون چاهی خواص مخزن.

۲. ایجاد هوشمندی برای یک مخزن علاوه بر سود جدی تولیدی در خود مخزن کاهش شدید هزینه ها در جریان توسعه میدان بخاطر محدودسازی خطا در حفاری چاهها را به همراه خواهد داشت.

۳. با توجه به منافع بسیار فناوری مخزن هوشمند و عدم امکان انتقال تکنولوژی _ زیرا این فناوری به صورت طرح شده در دنیای صنعتی وجود ندارد_ دستیابی به این فناوری یکی از بزرگترین آزمون‌های مدیریت و توسعه تکنولوژی در صنایع بالادستی نفت خواهد بود.

٤. زنجیره مخزن هوشمند با ایجاد هوش مصنوعی در چاه تکمیل می گردد. به عقیده نگارندگان این هوش که همان آنالیز بهنگام درون چاهی از کلیه خواص مهم مخزن است را می توان با استفاده از سیستم‌های تحلیلگر مجتمع _که گونه‌هایی از آن در صنایع پزشکی اقتصادی شده و در صنایع نظامی نیز کاربردهایی دارند_ تولید کرد. با تولید بسته نرم افزاری با قابلیت مقدار دهی آنی و قوی در محاسبات عددی که به مثابه بازوی سامانه مذکور در تحلیل داده‌ها خواهد بود، عملا بخش پایش جامع مخزن و شناسایی کامل خواص آن بصورت بهنگام و در خود میدان نفتی شکل گرفته است.

۵. علاوه بر منافع مطرح شده درباره دانش فنی مخزن هوشمند نظر به نو بودن این فناوری، امکان صدرنشینی ایران و در دست گرفتن ابتکار عمل در سطح بین‌المللی در این حوزه کاملا محتمل است.

۵. منابع و مراجع

۱- عباس قیومی "مقایسه دو الگوی توسعه صنعت نفت" گروه نفت و گاز شبکه تحلیلگران تکنولوژی ایران (ایتان)، آذر ۱۳۸۲

۲- عباس قیومی "الگوی مطلوب توسعه در صنعت نفت ایران و زیرساخت‌های آن" گروه نفت و گاز شبکه تحلیلگران تکنولوژی ایران (ایتان)، اردیبهشت ۱۳۸۳

3- Shell exploration and production co, "Smart Well as an advancement in petroleum exploration and drilling technology" European patents, 1998.

۴- مجله معرفی فعالیت‌های شرکت شل در ایران، بهار ۱۳۸۲، ص ۲۱.

5- Schlumberger oilfield bulletin," Focus on formation testing, MDT and SRFT", summer 2003. online available at: www.slb.com/oilfield

6- SCHLUMBERGER TECHNOLOGY CORP (US), "Intelligent well system and method", patent no. US6789621, European Patent Office, online available at: ep.espacenet.com

7- European Smart reservoir network official site, online available at: www.eurogif.com/srn

۸- گروه نفت و گاز شبکه تحلیلگران تکنولوژی ایران (ایتان)،" آشنایی با امور پژوهش و توسعه شرکت ملی نفت ایران در مصاحبه با دکتر عمادی"، دی ۱۳۸۰

۹- گزارش عملکرد پژوهشی گروه مهندسی شیمی دانشکده فنی دانشگاه تهران، بخش آزمایشگاه کاتالیست (سرپرست آزمایشگاه: دکتر عباسعلی خدادادی)، آذر ۱۳۸۲ (هفته پژوهش) دانشگاه تهران.

۱۰- مرکز ایده‌پردازان جوان "نرم افزار شبیه‌سازی و مدلسازی مخازن نفتی ویرایش ۱/۱ " تابستان ۱۳۸۳

۱۱- انجمن علمی دانشجویی نانوتکنولوژی دانشکده فنی دانشگاه تهران،" گزارش نهایی طرح نانوتکنولوژی در صنعت نفت و تعیین اولویت‌ها"، پژوهشگاه صنعت نفت، آبان ۱۳۸۲

12- Kishore k. Mohanty and Luigi A. Saputelli, "Application of lab on chip technology to the upstream petroleum industry", Society of Petroleum engineers, University of Houston, 2001.

13- Abdus Sattar, "Integrated reservoir management", Society of Petroleum engineers, University of Houston, 2002.

14- Rayan Mc Adams, "All about MEMS and NEMS technology", Stanford University of technology Annual report, department of applied earth science, Us, 2000-2001.

۱۵- سخنرانی آقای مهندس زنگنه وزیر نفت در مراسم افتتاحیه دومین همایش نانوتکنولوژی در صنعت نفت، مهرماه ۱۳۸۳

16- MOHAJERZADEH SHAMSODDIN (CA); BRODIE DONALD, " Low temperature ion-beam assisted deposition methods for realizing SiGe/Si heterostructure", patent No. US5633194, European Patent Offoce, online available at: ep.espacenet.com