भूवैज्ञानिक और भूभौतिकीय डेटा विवेचन में कृत्रिम बुद्धिमत्ता और मशीन लर्निंग: भविष्य की खोज के लिए कुशल अन्वेषण तकनीक

कुलदीप सिंह बटोही* हाइड्रोकार्बन महानिदेशालय (पेट्रोलियम एवं प्राकृतिक गैस मंत्रालय)
kuldeep.batohi@dghindia.gov.in

मुख्य शब्द
साईसनेटिक्स, रेजलिटिक्स, सिस्टेलिजेंस, जेनेटिक एल्गोरिद्म, जियोपोपुलेशन

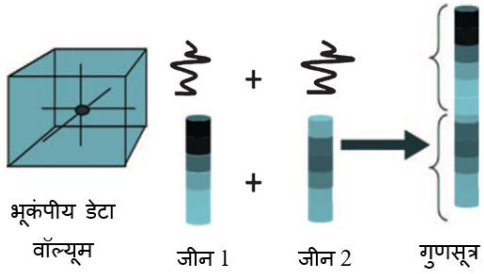
सारांश
अधिग्रहण, प्रसंस्करण और विवेचन के तरीकों में प्रगति से उच्च गुणवत्ता वाले डेटा में वृद्धि हुई है। इन बहु-मात्रा वाले डेटासेट के जांच, विश्लेषण, निष्कर्षण और एकीकरण के लिए बहुत ज्यादा समय ख़र्च होता है। तेल और गैस उद्योग में कृत्रिम बुद्धिमत्ता और मशीन लर्निंग भविष्य के रुझानों की भविष्यवाणी करने, नए भंडार खोजने और मौजूदा भंडार में उत्पादन क्षमता बढ़ाने के लिए डेटा विवेचन और विश्लेषण के लिए सबसे अच्छे उपकरण साबित हुए है। एनबीपी क्षेत्र में प्रमुख चुनौती कार्बोनेट आगार की क्षैतिज और ऊर्ध्वाधर विषमता का मानचित्रण करना है। हाइड्रोकार्बन आगार पतले और विषम है। बैंड सीमित भूकंपीय डेटा के अंतर्निहित मुद्दे के कारण पारंपरिक विवेचन पद्धति का उपयोग कर आगार में वर्गीकरण करना एक चुनौती बना हुआ है। एआई/एमएल आधारित सॉफ्टवेयर जैसे साईसनेटिक्स, रेजलिटिक्स और सिस्टेलिजेंस आदि सभी भूवैज्ञानिक और भूभौतिकीय सूचनाओं को शामिल करने में अधिक सहायक व सक्षम है। जेनेटिक एल्गोरिद्म का उपयोग करके भूकंपीय डेटा के स्वचालित विवेचन के लिए साईसनेटिक्स टूल सर्वोत्तम है। रेजलिटिक्स तकनीक भूकंपीय डेटा बैंडविड्थ, उच्च रिज़ॉल्यूशन इनवर्टेड डेटा, स्पेक्ट्रल अपघटन, उत्पादन विश्लेषण और प्रसारण को बढ़ाने में मदद करती है। कृत्रिम बुद्धिमत्ता आधारित टूल सिस्टेलिजेंस सॉफ्टवेयर डेटा एनालिटिक दृष्टिकोण का उपयोग करके आगार गुणों की मात्रा, संलक्षणी संभाव्यता मात्रा की भविष्यवाणी करने में बहुत प्रभावी है।

परिचय
कृत्रिम बुद्धिमत्ता सिस्टम बड़ी मात्रा में लेबल किए गए प्रशिक्षण डेटा को अंतर्ग्रहण करके, सहसंबंधों और पैटर्न की जाँच के लिए डेटा के विश्लेषण करता है। भविष्य के बारे में भविष्यवाणी करने के लिए इन पैटर्नों का उपयोग करता है। इस पेपर का मुख्य उद्देश्य डेटा विवेचन में एआई/एमएल आधारित सॉफ़्टवेयर जैसे साईसनेटिक्स, रेजलिटिक्स और सिस्टेलिजेंस के उपयोग और लाभों को उजागर करना है। साईसनेटिक्स टूल डेटा के 3-डी खंड के भीतर सभी सतहों को स्वचालित रूप से विभाजित कर भूकंपीय डेटा की स्वचालित विवेचन के लिए आनुवंशिक एल्गोरिदम का उपयोग करता है। रेजलिटिक्स तकनीक भूकंपीय डेटा बैंडविड्थ को बढ़ाने, उच्च रिज़ॉल्यूशन व्युत्क्रमण भूकंपीय डेटा, स्पेक्ट्रल अपघटन और उत्पादन विश्लेषण और प्रसारण प्रदान करने के लिए एआई/एमएल तकनीकों का उपयोग करती है। सिस्टेलिजेंस सॉफ्टवेयर टूल कुओं में अज्ञात या अनुपलब्ध लॉग की भविष्यवाणी करने, किसी भी भूकंपीय डेटा

आधारित गुणों की मात्रा की भविष्यवाणी करने के लिए उपयोगी है।

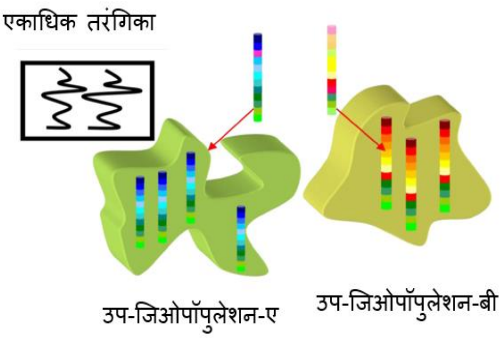
(क) साईसनेटिक्स प्रौद्योगिकी

साईसनेटिक्स एक कृत्रिम बुद्धिमत्ता आधारित तेल और गैस पूर्वेक्षण के लिए भूकंपीय विवेचन उपकरण है। यह कार्यप्रणाली असीमित आकार और प्रकार के भूकंपीय डेटा खंड पर अनसुपरवाइज्ड आनुवंशिक एल्गोरिदम के साथ कृत्रिम बुद्धिमत्ता/मशीन लर्निंग तकनीक का उपयोग करती है। अनुभव और मामले के अध्ययन से पता चला है कि एक विवेचक अपने समय का 60% तक क्षितिज/होरिज़न चुनने में खर्च करता है और शेष 40% वास्तव में परिणाम के भूवैज्ञानिक महत्व के बारे में सोचता है। यह सॉफ्टवेयर भूकंपीय डेटा की 3-डी मात्रा के भीतर सभी सतहों को स्वचालित रूप से खंडित और पहचान कर भूकंपीय डेटा की विवेचन करता है। यह प्रणाली निष्पक्ष प्रसंस्करण शुरू करने के लिए 3-डी खंड के भीतर बीज बिंदुओं के रूप में यादृच्छिक तरंगों का चयन करता है, जिसके परिणामस्वरूप खंड में जियोपोपुलेशन (आनुवंशिक रूप से समान तरंगों के समूह) उत्पन्न होते है। भूकंपीय मात्रा (चित्र 1) के साथ आनुवंशिक सादृश्य को वर्णित किया जाता है।



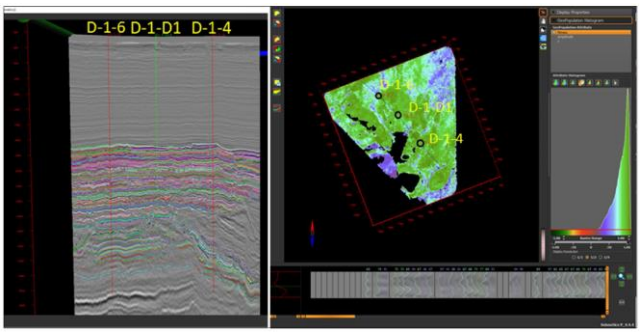
चित्र 1: भूकंपीय और गुणसूत्र के बीच समानता

प्रारंभ में, भूकंपीय डेटा खंड स्वचालित रूप से अलग-अलग तरंगों की पॉपुलेशन में खंडित होता है (चित्र 2)

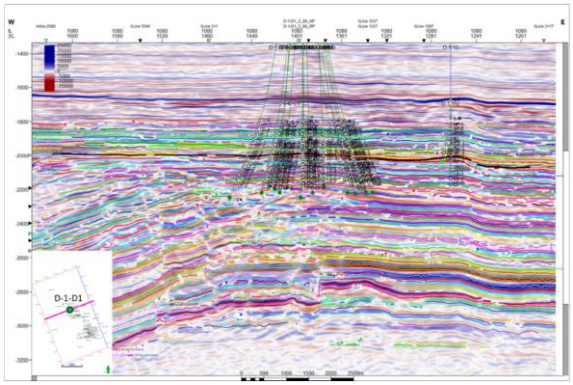


चित्र 2: जियोपॉपुलेशन™ का विकास

किसी विशेष सतह के ऊपर और नीचे वेवफॉर्म सब-सेगमेंट की जांच करने से परिवर्तनशीलता का पता चलता है जिससे संरचना और स्ट्रैटिग्राफी के बारे में जानकारी मिलती है। एनबीपी क्षेत्र में, कार्बोनेट के शीर्ष और बेसमेंट के बीच सभी रिफ्लेक्टर्स (जियोपोपुलेशन) को सहसंबंधित करने के लिए भूकंपीय डेटा को साईसनेटिक्स सॉफ्टवेयर में प्रक्रमणित किया गया है। एक जियोपोपुलेशन एल-द्वितीय के करीब चित्र 3 में दिखाई गई है। सभी सहसंबद्ध जियोपोपुलेशन के साथ एक IL 1080 को चित्र 4 में दिखाया गया है।



चित्र 3: सहसंबंध जियोपोपुलेशन (बाईं ओर) दिखाने वाली मनमानी रेखा। पुनर्जनसंख्या (क्षितिज/होरिज़न) L-II के करीब (दाईं ओर)

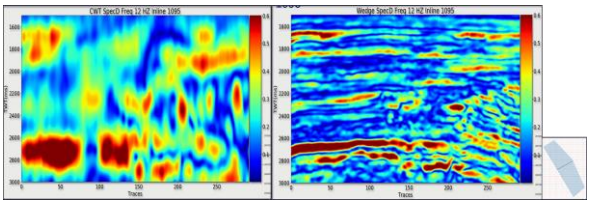


चित्र 4: आईएल-1080 साईसनेटिक्स में सहसंबद्ध क्षितिज

(ख) रेजलिटिक्स प्रौद्योगिकी

रेजलिटिक्स मशीन लर्निंग और डीप लर्निंग तकनीकों का इस्तेमाल करके यह एक निष्पक्ष भूकंपीय व्युत्क्रमण डेटासेट प्रदान करता है जो कुओं से दूर वास्तविक भूवैज्ञानिक मॉडल उत्पन्न करता है। यह विधि तरंगिका और चरण स्थिरता की धारणा का पालन नहीं करती है। यह तकनीक हाइड्रोकार्बन उत्पादकता, आगार प्रदर्शन और उत्पादन विश्लेषण का पूर्वानुमान लगाती है। रेजलिटिक्स तकनीक में चार मॉड्यूल, वेड्ज, स्टॉर्म, स्ट्राइक और प्रोलिटिक्स शामिल है। वेड्ज मॉड्यूल उच्च-रिज़ॉल्यूशन स्पेक्ट्रल अपघटन उत्पन्न करता है। स्टॉर्म और स्ट्राइक टूल क्रमशः सुपर रेजोल्यूशन भूकंपीय डेटा और व्युत्क्रमण पी-प्रतिबाधा डेटा प्रदान करते है। प्रोलिटिक्स प्रोडक्शन एनालिटिक्स और ब्रॉडकास्टिंग टूल है। एनबीपी क्षेत्र में मुख्य चुनौतियाँ प्रभावी सरंध्रता में पार्श्व विविधताओं का चित्रण, द्रव वितरण पैटर्न का निर्धारण, आगार की हाइड्रोकार्बन सीमा के भीतर जल धारण करने वाली परतों की पहचान करना है। एनबीपी फील्ड में कार्बोनेट की परतों की मोटाई 1 मी. से 15 मी. तक होती है।

(ए) वेड्ज (उच्च-रिज़ॉल्यूशन वर्णक्रमीय अपघटन): स्पेक्ट्रल अपघटन सिग्नल को उसके घटक आवृत्तियों में विघटित करने की प्रक्रिया है। अधिकांश तकनीकों के साथ हाइजेनबर्ग (गैबोर) अनिश्चितता सिद्धांत, समय और आवृत्ति संकल्प को नियंत्रित करता है। वेड्ज मॉड्यूल मॉडिफाइड SPWV (स्मूथेड स्यूडो विग्नर-विले) डिस्ट्रीब्यूशन, मॉडिफाइड CLSSA (कंस्ट्रेन्ड लीस्ट स्क्वायर स्पेक्ट्रल एनालिसिस) का उपयोग करता है, जहां टेम्पोरल और फ्रीक्वेंसी रेजोल्यूशन दोनों को एक ही पल में ऑप्टिमाइज़ किया जा सकता है। वेड्ज मॉड्यूल हाइजेनबर्ग (गैबोर) के अनिश्चितता सिद्धांत का पालन नहीं करता है। चित्र 5;12Hz पर सतत तरंग रूपांतरण (CWT) और वेड्ज स्पेक्ट्रल अपघटन तकनीकों के बीच अंतर को उजागर कर रहे है, जो दर्शाता है कि वेड्ज मॉडल का उपयोग करने के बाद समय और आवृत्ति रिज़ॉल्यूशन में सुधार हुआ है।

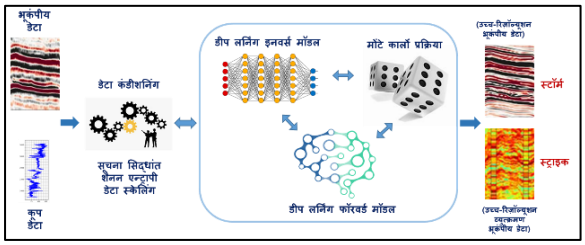


चित्र 5. 12Hz पर वेड्ज के साथ CWT के विशिष्ट अपघटन की तुलना

(बी) स्टॉर्म (उच्च-रिज़ॉल्यूशन भूकंपीय डेटा) और स्ट्राइक (उच्च-रिज़ॉल्यूशन व्युत्क्रमण भूकंपीय डेटा): भूकंपीय डेटा में बैंड-सीमित आवृत्तियाँ होती है, जो इसके रिज़ॉल्यूशन को सीमित करती है। रेजलिटिक्स तकनीक स्टॉर्म और स्ट्राइक अपनी एआई/एमएल तकनीकों का उपयोग करके ड्रिलिंग और भूकंपीय डेटा रिज़ॉल्यूशन के बीच इस अंतर को कम करते है, जिससे पूर्वानुमान की उच्च सटीकता प्राप्त होती है।

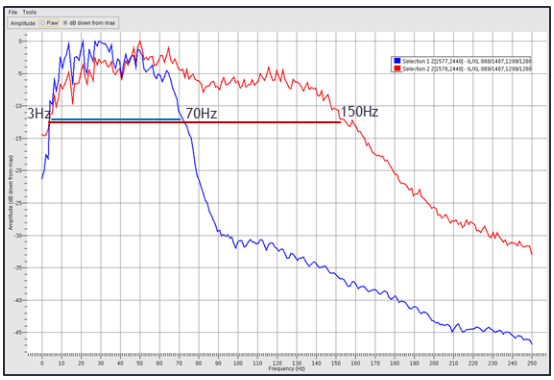
इस प्रक्रिया में डीप लर्निंग इनवर्स मॉडल तकनीक के साथ सूचना सिद्धांत (शैनन एंट्रॉपी), मोंटे कार्लो प्रक्रिया का उपयोग किया जाता (चित्र 6) है। इस एआई/एमएल आधारित मॉड्यूल में,

वेवलेट के चरण और स्थिरता की कोई धारणा नहीं होती है, डीप लर्निंग इनवर्स नेटवर्क का उपयोग करके व्युत्क्रम मॉडल का अनुमान लगाया जाता है, जिसके परिणामस्वरूप उच्च रिज़ॉल्यूशन व्युत्क्रमण भूकंपीय डेटा (स्ट्राइक) प्राप्त होता है।

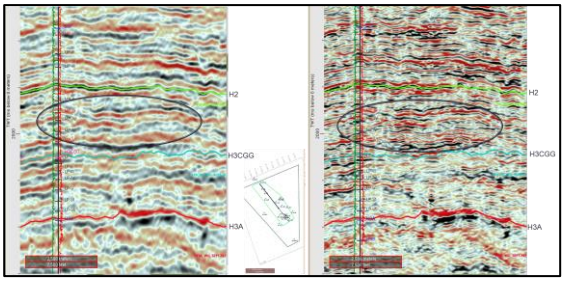


चित्र 6. स्टॉर्म और स्ट्राइक मॉड्यूल वर्कफ़्लो

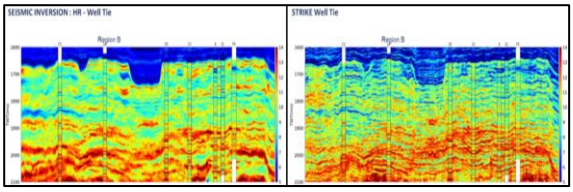
एनबीपी क्षेत्र में स्टॉर्म प्रोसेसिंग के बाद भूकंपीय डेटा की बैंडविड्थ 3Hz-70Hz से बढ़कर 3Hz-150Hz @-12dB (चित्र 7) हो गई है। मूल भूकंपीय डेटा और स्टॉर्म संसाधित आउटपुट के बीच बैंडविड्थ अंतर को उजागर करने वाला मनमाना भूकंपीय खंड (चित्र 8) में दिखाया गया है। पारंपरिक पी-प्रतिबाधा डेटा और स्ट्राइक डेटा के बीच अंतर को उजागर करने वाला मनमाना खंड/आरबिटरेरी सेक्शन चित्र 9 में दिखाया गया है।



चित्र 7: एम्प्लीट्यूड स्पेक्ट्रम (ब्लू-इनपुट डेटा, रेड-स्टॉर्म डेटा)

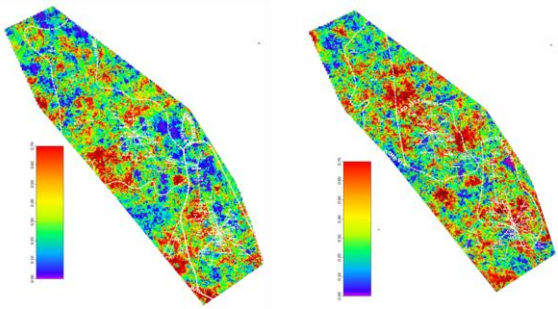


चित्र 8: मूल डेटा और स्टॉर्म आउटपुट डेटा के बीच अंतर



चित्र 9: भूकंपीय व्युत्क्रमण, उद्योग मानक डेटा और स्ट्राइक डेटा

(सी) प्रोलिटिक्स (उत्पादन विश्लेषण और पूर्वानुमान प्रौद्योगिकी): यह क्षेत्र के उत्पादन व्यवहार का विश्लेषण और भविष्यवाणी करने के लिए स्टॉर्म, स्ट्राइक और वेड्ज, प्रोडक्शन डेटा और वेल कंप्लीशन डेटा के इनपुट का उपयोग करता है। एनबीपी फील्ड में प्रोलिटिक्स आउटपुट, एआई-एमएल आधारित वर्कफ़्लो में इनपुट में से एक के रूप में उपलब्ध कूप उत्पादन इतिहास का उपयोग करते हुए, पे स्तर पर अप्रयुक्त हाइड्रोकार्बन ज़ोन को उजागर करता है। पे-II और पे-V के अनुरूप प्रोलिटिक्स स्लाइस चित्र 10 में दिखाया गया है। प्रोलिटिक्स स्लाइस 5 वर्षों में वितरित उत्पादन के 0 एमएमबीबीएल से 1 एमएमबीबीएल तक भिन्न-भिन्न रंग बार के साथ पे के सबसे उत्पादक क्षेत्र में मौजूद निकालने योग्य तेल और गैस के बैरल को दर्शाता (चित्र 10) है।

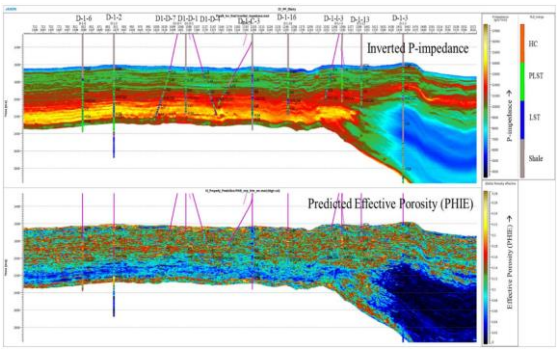


चित्र 10: पे-I और पे-V के अनुरूप प्रोलिटिक्स स्लाइस

(ग) सिस्टेलिजेंस टेक्नोलॉजी

यह सॉफ्टवेयर टूल अनुसंधान एवं विकास प्रभाग, जियोपिक, ओएनजीसी, देहरादून द्वारा आंतरिक रूप से विकसित एक भूकंपीय डेटा आधारित कृत्रिम बुद्धिमत्ता उपकरण है। वर्गीकरण के साथ-साथ प्रतिगमन के लिए लगभग 16 मशीन लर्निंग मॉडल उपलब्ध है।

कृत्रिम बुद्धिमत्ता तकनीक का उपयोग करते हुए किसी भी भूकंपीय आधारित गुणों की मात्रा की भविष्यवाणी करने के लिए किया जाता है। इस सॉफ्टवेयर द्वारा ऑटोमेटेड कैलिब्रेशन, सिस्मिक सिंथेटिक जेनरेशन और एवीओ मॉडलिंग भी की जा सकती है। इसका उपयोग एनबीपी फील्ड में आगार लक्षण वर्णन में किया गया है। क्रॉस प्लॉट और विभिन्न प्रकार के भूखंडों के लोचदार/इलास्टिक गुणों का हिस्टोग्राम, इंगित करता है कि पी-प्रतिबाधा, एस-प्रतिबाधा और वीपी/वीएस जैसे लोचदार गुणों के आधार पर पे और नॉन पे में वर्गीकरण करना मुश्किल है। इसलिए, वेल लॉग मापन पैमाने पर भी लोचदार/इलास्टिक गुण आधारित मानचित्रण संभव नहीं है। न्यूट्रॉन सरंध्रता, प्रभावी सरंध्रता, मिट्टी की मात्रा और झरझरा कार्बोनेट, घनिष्ठ कार्बोनेट और शेल की संभाव्यता मात्रा जैसे कई गुण संस्करणों को उत्पन्न करने के लिए डेटा एनालिटिक्स वर्कफ़्लो का उपयोग किया गया है। प्रक्रिया के दौरान प्रेस्टैक व्युत्क्रमण, भूकंपीय व्युत्पन्न विशेषताओं, तरल पदार्थ लॉग (एफएलडी), पेट्रोफिजिकल प्रसंस्करण आउटपुट के परिणाम का उपयोग किया गया है। ब्लाइंड डेटा पर मॉडल की भविष्यवाणी की सटीकता लगभग 96% है। ड्रिल किए गए कुओं से गुजरने वाला अंतिम अनुमानित प्रभावी सरंध्रता खंड चित्र 11 में दिखाया गया है। पी-प्रतिबाधा खंड पर विवेचन किए गए संकाय लॉग ओवरले किए गए है जबकि प्रभावी सरंध्रता लॉग PHIE अनुभाग पर ओवरले किए गए है। ब्लाइंड कुओं पर भी भविष्यवाणी की सटीकता बहुत अच्छी है।



चित्र 11. पी-प्रतिबाधा और अनुमानित PHIE अनुभाग

न्यूट्रॉन सरंध्रता, कार्बोनेट की संभावना (LST), झरझरा कार्बोनेट की संभावना, समान दृष्टिकोण को अपनाते हुए शेल संभावना की भविष्यवाणी की गई है।

निष्कर्ष

कृत्रिम बुद्धिमत्ता/मशीन लर्निंग आधारित दृष्टिकोण डेटा एकीकरण और विवेचन, मूल्यवान जानकारी को समझने के लिए विशाल उपलब्ध डेटा का उपयोग करने में मदद करता है। कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) के तरीके डेटा में छिपे हुए पैटर्न को खोजने में बेहतर है और जटिल मॉडल को प्रशिक्षित करना संभव बनाते है। साईसनेटिक्स सॉफ़्टवेयर किसी भी आकार के भूकंपीय डेटा खंड से अत्यधिक विस्तृत भूवैज्ञानिक जानकारी को बहुत तेज़ी से निकालने में मदद करता है। यह कम समय में भूकंपीय डेटा से सटीक और निष्पक्ष जानकारी प्राप्त

करता है। बहुस्तरीय आगार के पतले पे को हल करने के लिए, पे लेवल मैपिंग के लिए स्टॉर्म और स्ट्राइक आउटपुट डेटा उपयोगी है। प्रोलिटिक्स आउटपुट वर्तमान और अप्रयुक्त हाइड्रोकार्बन क्षेत्रों में पुनर्प्राप्त करने योग्य बैरल को दर्शाता है। मशीन लर्निंग का उपयोग करके अधिकतम जानकारी प्राप्त करने के लिए उपलब्ध डेटा की विशाल विविधता को एकीकृत करने में सिस्टेलिजेंस टूल मदद करता है। संक्षेप में, बड़े डेटासेट से जानकारी का एकीकरण और विश्लेषण केवल कृत्रिम बुद्धिमत्ता और मशीन लर्निंग के माध्यम से ही संभव है।

संदर्भ

उच्च आवृत्ति अनुक्रम स्तरिकी, रत्नागिरी के कार्बोनेट आगार लक्षण वर्णन और एनबीपी (डी1) फील्ड, डीसीएस सेक्टर, मुंबई अपतटीय बेसिन के पनवेल गठन। इंटेग, जियोपिक, ओएनजीसी, देहरादून; 2016. (अप्रकाशित रिपोर्ट)

एनबीपी फील्ड, डीसीएस सेक्टर, मुंबई अपतटीय बेसिन, 2021 (अप्रकाशित रिपोर्ट) में रत्नागिरी और पनवेल प्ले के कार्बोनेट आगार विशेषता में डेटा एनालिटिक्स के अनुप्रयोग पर रिपोर्ट

डर्स्टीन, जे.के., फॉलन, जी (2011) "आनुवांशिक एल्गोरिदम का उपयोग करके 3-डी भूकंपीय डेटा की स्वचालित विवेचन", एएसईजी विस्तारित सार में आलेख

डर्स्टीन जे.के., रुडगे, टी., ली., आर., स्टेनली, ए.जे., (2013) "बंडा 3-डी भूकंपीय सर्वेक्षण से सतहों के स्वचालित निष्कर्षण से अंतर्दृष्टि" वेस्ट ऑस्ट्रेलियन बेसिन्स सिम्पोजियम 2013

सिंह, एम., कुमार, बी., "पृथ्वी प्रणाली विज्ञान के लिए मशीन लर्निंग (ईएसएस): दक्षिण एशिया के लिए एक सर्वेक्षण, स्थिति और भविष्य की दिशाएँ"

दास, पी., अब्राहम, एच., (2022) "ई एंड पी उद्योग में एआई और एमएल प्रौद्योगिकी के साथ डिजिटल परिवर्तन: वर्तमान और भविष्य", जियोइंडिया 2022

चोपड़ा, वाई (2022) "तेल और गैस उद्योग में आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस पर लेख: उल्लेखनीय परिवर्तन"

श्रीवर्धन वी. (2022) " स्वचालित पेट्रोफिजिकल विवेचन के लिए मशीन लर्निंग", जियोइंडिया 2022

सिस्टेलिजेंस वर्जन 1.0 यूजर मैनुअल आरएंडडी डिवीजन, जियोपिक, ओएनजीसी देहरादून

एएल/एमएल आधारित सॉफ्टवेयर का उपयोग करते हुए एनबीपी (डी1) क्षेत्र भूकंपीय डेटा के 120 एसकेएम का विशेष प्रसंस्करण और आगार लक्षण वर्णन: वेड्ज, स्टॉर्म, स्ट्राइक और प्रोलिटिक्स, 2022

स्वीकृतियाँ

भूवैज्ञानिक और भूभौतिकीय डेटा विवेचन में कृत्रिम बुद्धिमत्ता/मशीन लर्निंग के इस कार्य में विकास और अनुप्रयोग की प्रक्रिया के दौरान कई सहयोगियों का योगदान शामिल है, जिसके लिए वे सभी ईमानदारी से स्वीकार किए जाते है। अंत में, लेखक एआई/एमएल पर आधारित नई तकनीक को शामिल करने का अवसर देने के लिए तेल और प्राकृतिक गैस निगम और हाइड्रोकार्बन महानिदेशालय के प्रबंधन के आभारी है।