

Innováció a geológiai repedéshálózat vizsgálatában

INFRESS 2.0

Az Integrált repedezett kőzetes-elemző és modellező rendszer fluidumbányászati, környezetvédelmi és kőzetmechanikai alkalmazásokhoz - Infress 2.0 (Integrated fractured rock evaluation and simulation system) projekt keretében egy olyan tudományos számítógépes szimuláció által támogatott integrált geológiai repedéshálózat-elemző és modellező szoftver megvalósítása történik pályázati támogatásból, amely képes geológiai közegben a repedezettségnek és az abból adódó tulajdonságoknak a szimulációjára. A kifejlesztendő alkalmazás reprezentáló képi információból a repedezettséget jellemző numerikus adatgenerálás alapján 3D törésmodell szimulál, majd a származtatott paraméterek számítását és az áramlási modellező rendszerhez történő illesztést végzi el. A projektfejlesztés legfontosabb célterülete a geotermikus energiatermeléssel foglalkozó gazdasági társaságok, azok a vállalkozások, amelyek a geológiai értelemben véve zárt környezetvédelmi (veszélyes vagy radioaktív hulladékelhelyező) objektumok tervezésével, kialakításával és működtetésével, illetve a nem konvencionális kőszéntelepek megcsapolásával történő metántermeléssel foglalkoznak. De a kutatás tudományos jellegéből adódóan az olyan egyetemi és kutatási műhelyek is célterületnek számítanak, melyek célzottan foglalkoznak repedezett kőzetes-vizsgálattal és -szimulációval. A kutatás-fejlesztés kapcsán a projekt egyik felelősét, Tóth Imrét kérdeztük a Grepton Informatikai Zrt. képviselőjében



A z Infress 2.0 egy egészen új, a Grepton Informatikai Zrt. portfóliójában eddig ismeretlen projekt, hogyan indult el a fejlesztése?

A Greptonnak már korábban is szerepeltek az informatikai területen sikerrel végzett kutatásfejlesztések a profiljában. Egy találkozó alkalmával a Grepton K+F területért felelős vezetője és a Szegedi Tudományegyetem Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszékének vezetője, Dr. M. Tóth Tivadar elbeszélgetett az egyetem egyik kutatásáról, aminek kapcsán a tanszékvezető említette, hogy bár rendelkeznek alap szoftverekkel, nem áll birtokukban az az informatikai tudás, amely segíthetné őket a kutatásuk megalapozásában és egy saját szoftver fejlesztésében. A Grepton viszont biztosítani tudta az ehhez szükséges tudást és innovatív megközelítést, így tudtunk csatlakozni a fejlesztéshez. Az első szakasz 2017-ben kezdődött és 2019-ben fejeződött be; ebben az időszakban alapkutatást és kísérleti fejlesztést végeztünk, aminek eredményeként megszületett egy olyan program, amit a tanszék kutatói és hallgatói Szegeden teszteltek, és ami az elvárt eredményeket produkálta. Azonban a működés során felmerültek olyan kérdések és igények, amelyekre a következő projektszakaszban kell választ adnunk.



Hogyan lett ön a projekt vezetője, illetve mi a legfontosabb feladata jelenleg?

Programtervező matematikusként dolgozom és közel 20 éve foglalkozom informatikai projektekkel, így mind az ügyfél, mind pedig a szállító oldalt jól ismerem. A Greptonnál jelenleg ez utóbbit képviselem.

Amikor csatlakoztam a Greptonhoz, akkor az első projekt, amiben részt vettem, arról szólt, hogy összehangoljam a kutatási és fejlesztési feladatokat, és fenntartsam a kapcsolatot a kutatási, a fejlesztési és a marketing részlegek között. Az volt a célom, hogy ezek a feladatok összefonódjanak, és olyan termék születhessen, amely értékesíthető a piacon. Vagyis a fő szerepem abban volt, hogy a projekt minden résztvevője közötti kommunikációt és együttműködést elősegítsem, hogy sikeres eredményt érhesünk el.

Bár ebben a projektben nincs konkrét megrendelőnk, de a célunk, hogy piacképes terméket hozzunk létre.

A projekt célja egy, a köztestek elemzésére és ennek modellezésére készülő szoftver piaci bevezetése.

Igen, a projekt alapvető célja a köztestek elemzésére és modellezésére szolgáló szoftver létrehozása, valamint ennek

a szoftvernek a piacra vitele. Az én feladatomban az, hogy összehangoljam ezt az egész fejlesztési és piaci folyamatot, hogy minden része összefonódjon. Ez magába foglalja a piacról érkező igények figyelembevételét, a technológiai megvalósítást a fejlesztés terén, valamint a kutatási eredmények integrálását. Tehát ez a projekt három pilléren nyugszik: piacvezérlés, kutatás és innováció, valamint a technológiai megvalósítás, amit képesek vagyunk elérni.

Mi a legnagyobb kihívás egy ilyen fejlesztés során projektkoordináció szempontjából?

Ezek a területek nagyon különbözőek, és nincs közös nyelvük egymással. A kutatók a saját diszciplínájuk szerint dolgoznak, és különböző egyenleteket, numerikus módszereket használnak. A fejlesztőink viszont nem geológusok, és általában nincsenek tisztában ezekkel a numerikus módszerekkel. Azonban van néhány vezető fejlesztőnk, akik megértik és le tudják fejleszteni azokat az eljárásokat, amelyeket a kutatók leírnak. Az általunk használt eljárások és modellek mögött bonyolult számítások és modellezések állnak, amelyeket a kutatók terveznek. Ők gyakran használnak Excel alapú számításokat is. Miután ezeket az eljárásokat megkapjuk,

a feladatunk az, hogy integráljuk ezeket egy felhőalapú rendszerbe, ahol hatékonyan elvégezhetők az informatikai számítások. Az egyik fontos feladatunk az, hogy kommunikációs hidat építsünk a kutatók és fejlesztők között, hogy megértsék egymás munkáját és elvárásait. Ezenkívül a marketing részzel való együttműködés is fontos, hogy a piaci igényeket figyelembe vegyünk és a terméket piacképessé tegyük. Összességében a projekt sikeréhez szükséges az együttműködés és a jó kommunikáció a különböző területek között.

Mi a jelentősége a repedezett kőzettestek vizsgálatának?

A repedezett kőzetek vizsgálata és elemzése alapvetően azért fontos, mert ezek a kőzettestek képesek tárolni különböző nyersanyagokat, például gázt, kőolajat vagy vizet. Magyarországon számos olyan repedezett kőzettest található, amelyek a tektonikus mozgások hatására töredeznek. Ezek a kőzetek, bár nem porózusak, képesek tartani a fluidumokat, mivel a repedések és rések lehetővé teszik a tárolást. A kutatás célja az ilyen repedezett kőzetrétegek feltérképezése és elemzése, hogy az ott tárolt ásványi kincseket, például kőolajat vagy földgázt, hatékonyan ki lehessen termelni. Fontos megtalálni a megfelelő mélységet és irányt, ahonnan a kitermelés során a legtöbb nyersanyag kiáramlik.

Mennyire újszerű ez a típusú kutatási eljárás?

Magyarországon számos kőolaj- és földgáztelep található, de ezek kitermelése nem mindig gazdaságos, mivel nehéz kitermelni ezeket az ásványi anyagokat a repedezett kőzetből. Különböző eljárások léteznek a repedezett kőzetekben tárolt ásványi anyagok kitermelésére. Például szén-dioxidot szivattyúznak be az egyik lyukon, hogy az ásványi anyagok kifolyhassanak a másik lyukon. Gyakran alkalmazzák az ásványi anyagok hígítását is különböző anyagokkal. Az ilyen eljárások részleteiben vannak specifikus szakmai megoldások, például sósavval történő beavatkozás, ami segít a kőzetben lévő ásványi anyagok kioldásában és a kőolaj kiáramlásának elősegítésében. Összességében a repedezett kőzetek vizsgálata és a kitermelési eljárások fejlesztése lehetővé teszi az ásványi anyagok hatékony kiaknázását, ami kulcsfontosságú a kőolaj- és földgázkészletek kihasználásában.

A szoftveres megközelítés mennyiben teszi költséghatékonyá az ásványi anyagok kinyerését?

Az áramlás és a termelés hatékonyságának növelése érdekében a szoftver számos módon nyújthat segítséget a fúrócégeknek és a kitermelési folyamatban részt vevő szakembereknek. Elsőként a szoftver lehetővé teszi a kőzetek részletes és pontos modellezését, amely alapján azonosíthatók a legígéretesebb területek a kitermelés szempontjából. Ez segít meghatározni a megfelelő helyeket a fúrásokhoz, hogy maximalizálják a termelést és minimalizálják a költségeket. A szoftver segítségével előzetes tervezés és szimulációk végezhetők annak érdekében, hogy kiszűrjék a kevésbé eredményes fúrásokat és optimalizálják a fúrótornyok elhelyezését. Emellett a szoftver képes analízálni a kőzetek tulajdonságait és azok hatását az áramlásra. Ez segít megérteni az ásványi anyagok mozgását a kőzetekben, az áramlási útvonalakat és a



nyomásviszonyokat. Az ilyen adatok alapján kialakíthatók hatékony stratégiák az ásványi anyagok kitermelésére, például a megfelelő helyre és mélységbe történő fúrás vagy a speciális anyagok bevezetése a termelés elősegítésére.

A szoftver továbbá segítséget nyújthat a termelési folyamat felügyeletében és optimalizálásában. Állandó monitoring és adatgyűjtés révén lehetőség van a termelési hatékonyság nyomon követésére, a folyamatok optimalizálására és az esetleges problémák korai felismerésére. Ez lehetővé teszi a gyors reagálást és a termelési eredmények javítását. Összefoglalva, a szoftver segítséget nyújt a fúrócégeknek és a kitermelési szakembereknek a hatékonyabb és gazdaságosabb fúrások tervezésében, az ásványi anyagok mozgásának és áramlásának elemzésében, valamint a termelési folyamat felügyeletében és optimalizálásában. Ezáltal csökkenthetők a költségek és maximalizálható a kitermelés eredményessége.

A fúrás is precízióssabbá válhat a technológia alkalmazásával?

A szoftver lehetővé teszi a kőzetek tulajdonságainak és áramlási viselkedésének modellezését, ami segít azonosítani a folyadékáramlásra leginkább hajlamos területeket, valamint azok irányát és mélységét. Ezáltal meghatározható, hogy a kőzetekben tárolt folyadék milyen útvonalon fog folyni, és ezek alapján megtervezhető a fúrások helye és mélysége. A permeabilitás alapján meg tudják határozni, hogy az adott



térrészben a kőzet milyen mértékben és irányban engedi át a folyadékot. Ez fontos információ a fúrások tervezéséhez és a kitermelés hatékonyságának maximalizálásához. Ha a kitermelés során problémák merülnek fel, például csökken a termelés, akkor az előzőleg végzett kutatások és modellezések alapján meg lehet próbálni azonosítani a probléma okát. Például ha egy repedés záródása vagy nyílása miatt csökken a termelés, akkor a kutatások segíthetnek megérteni, hogyan befolyásolják ezek a repedések a folyadékáramlást, és hogy hogyan lehet ezeket az esetleges problémákat megoldani. A kőzetek repedezése és a rajtuk fellépő erőhatások idővel változhatnak, és ezek az áramlást befolyásolhatják. A modellezés és a kutatások segítségével lehetőség nyílik a változások megfigyelésére, az áramlási viselkedés értelmezésére és a fúrások és kitermelési stratégiák optimalizálására a legjobb eredmények elérése érdekében.

Vagyis a szoftver ezeket az adatokat modellezi folyamatban?

Igen, a szoftverek a nyomásokat, a kőzetek viselkedését és a repedések záródását modellezzik. Az ismeretek alapján ezek a szoftverek képesek reprodukálni a kőzetekre és a folyadékokra ható nyomásokat, valamint a mélységgel járó záródási folyamatokat. Például minél mélyebben vagyunk, annál erősebben záródnak a repedések.

A modellezés során figyelembe veszik a kőzetek összetételét és tulajdonságait, valamint a különböző kémiai folyamatokat, mint például a kalcit oldódása és a repedések eldugulása. Ezek a szoftverek képesek leírni és modellezni ezeket az interakciókat. Az egyik ismert adatgyűjtési megoldás a geofizikai eljárások közé tartozó szeizmikus módszer, amely rezgéseket generál a földfelszínen. A hang-vevőegységek, mint mikrofonok, elhelyezve síkban vagy egy vonalban, képesek érzékelni ezeket a rezgéseket. A rezgések frekvenciáját és jellemzőit értékelve a szoftverek információt nyernek a föld alatti kőzetek szerkezetéről és tulajdonságairól. Ez lehetővé teszi a kőzetek és a törésrendszerek értelmezését, amelynek alapján döntéseket hozhatnak a fúrások helyéről és mélységéről.

Akár egy szonár.

Igen, a geofizikai módszer a szonár elvén alapul. A kamionok összehangolt mozgása, amelyek ütések generálnak a földbe, hasonló elven működik, mint egy szonár. Az ütések visszaverődéseit érzékeli és értékeli a síkban vagy vonalban elhelyezett hang-vevőegységek. A visszaverődő hangfrekvenciák alapján meg lehet határozni a kőzetrétegek elhelyezkedését és szerkezetét, hasonlóan ahhoz, ahogy a szonár a tárgyakat érzékeli. A másik módszer a kőzettest modellezésére épül. Az egyes rétegeket egymásra helyezik és modellezzik a földtörténetet. Figyelembe veszik a kőzetek rétegződését és a kőzetek töredezettségét.

Tehát egyszerre szükséges figyelembe venni a földtörténeti korszakok és a jelen kor hatásait.

Igen, a földtörténeti korokban történt események hatással voltak a kőzetek repedezettségének kialakulására, és ezeket próbáljuk modellezni. A DFN (Discrete Fracture Network) eljárás segít szimulálni ezeket a töréseket. A fraktáldimenziók és a fraktálok fogalma is fontos szerepet játszik itt. A fraktál jellemzően arra utal, hogy egy kisebb részletből kialakítható az egész szerkezet. Ugyanezt a módszert alkalmazva a törések kiterjeszthetők. Tehát ha ismerjük egy kis területen a törések elhelyezkedését, irányát, sűrűségét, méretét stb., ezeket a változókat valószínűségi változókként írhatjuk le, és fraktál eljárással kiterjeszthetjük az egész területre.

Amikor ezeket az információkat felhasználva elkészítünk egy kőzetváz-modellt és szimuláljuk a repedéseket, előtérbe kerülnek a repedések. A repedések lehetnek kis méretűek vagy akár több kilométer hosszúak is. Az ilyen repedésekből származó adatok alapján számításokat végzünk, és ezek alapján határozzuk meg, hogy az adott kőzetváz mennyire porózus, vagyis mennyire képes tárolni a benne lévő folyadékot. A porozitás hasonló a szivacshoz, a kőzetvázban elhelyezkedő kis üregek és pórusok rendszere, amelyekben a folyadékok tárolódhatnak.

Mi a jelentősége a porozitásnak?

A kőzetváz porozitása a benne lévő üregek méretétől függ. Minél nagyobbak az üregek, annál nagyobb a porozitás és annál több folyadékot képes a kőzetváz tárolni. A permeabilitás pedig azt jelzi, hogy milyen irányban és milyen mértékben képes a kőzetváz áteresztővé válni a folyadék számára. Ezeket az információkat ténylegesen mérni tudják a kutakból származó adatok alapján.

Az egyik érdekes mérési módszer a permeabilitás meghatározására a kútban történő "lufi" teszt. Ennek során két lufit (vagy ballont) helyeznek el a kútban, megfelelő távolságra egymástól, és ezeket felfújják, hogy azok elkülönítsék a kút többi részétől a vizsgált mélységszakaszt. Ezután vizet juttatnak be ebbe a mélységszakaszba, és megfigyelik, milyen gyorsan történik a vízfolyás, illetve milyen nyomásesés tapasztalható. Ezekből az adatokból lehet kalkulálni a permeabilitást. Ez a mérés nem határozza meg a folyadék áramlásának irányát, csak azt mutatja meg, mennyire képes a kőzetváz vezetni a folyadékot.

Az ilyen mérési eredmények segítségével tudjuk validálni a modelleket, és összehasonlíthatjuk azokat a valós mérésekkel. Ha ugyanazokat az eredményeket kapjuk a modell alapján, mint amit a valós mérések mutatnak, akkor a modell helyesnek tekinthető. Ez azt jelenti, hogy a modellben alkalmazott paraméterek helyesek és megbízható eredményeket adnak. Fontos megjegyezni, hogy a szimulált töréshálózatokban létrehozott törések pontos helyzete a mélységben valószínűleg nem fog megegyezni a valós törések elhelyezkedésével, de ha a modell jól paraméterezett, akkor a véletlenszerűen generált töréshálózat ugyanolyan tulajdonságokkal fog rendelkezni, mint a valós törések a mélyben.



A beérkező adatok egy szimulációban jelennek meg a végfelhasználó számára?

Az adathalmaz alapján szimulációkat lehet végezni, és az eredmény egy mátrix formájában jelenik meg, amely tartalmazza a folyadék áramlását a különböző mélységekben és irányokban. A rendszer többféle vizualizációs eszközt is kínál. Ezek a vizualizációk segítenek megérteni és megjeleníteni az eredményeket. Az egyetemeken és oktatási célokra történő használat során a szoftver általában tartalmaz olyan vizualizációs lehetőségeket, amelyek segítik a diákokat a tananyag megértésében. A vizualizációk segítségével lehetőség van az anomáliák vagy problémás területek azonosítására is. Például, ha a modell anomáliákat mutat egy adott kútnál, akkor lehetőség van a törések vagy a permeabilitás csökkenése mentén vizualizálni az adatokat. Ez segíthet a döntéshozóknak a fűrészi stratégiájuk módosításában vagy az adott terület további elemzésében.

Továbbá, síkmetszetek létrehozása is hasznos lehet, amelyek segítségével meg lehet nézni a kőzetváz permeabilitásának és porozitásának változását. A síkmetszetek különböző szögekben átvizsgálhatók, és megmutathatják, hogyan változik a kőzet tulajdonsága lépésről lépésre.

A rendszerben rendelkezésre álló vizualizációs eszközök tehát lehetővé teszik az eredmények interaktív és vizuális megjelenítését, amelyek segítenek a modellek, anomáliák és más jelenségek jobb megértésében. Az ilyen vizualizációk hasonlóak lehetnek például szélterképekhez, ahol nyilak és színek segítségével ábrázolják az adott jelenséget egy síkban.



Hol tartanak az eredmények tekintetében?

A Szegedi Tudományegyetemmel közösen már vannak elért eredmények és sikerek, például egy rádióaktív hulladéklerakó hely meghatározásával kapcsolatos kutatásban, ahol az volt a cél, hogy olyan területet találjanak, amelyből nem szivárog a folyadék. Illetve több egyetemi PhD-hallgató saját kutatásban is sikeresen alkalmazta a modellt a fluidum migrációs utak kiszámítására és a kitermelés optimalizálására.

Mennyiben segítség a fejlesztésben a mesterséges intelligencia?

A kutatások és a mélyreható fúrások jelentős költségekkel járhatnak. A hangfrekvenciákra alapuló kutatások esetében is vannak korlátok, például a frekvenciák hatótávolsága és mélysége. Az ilyen korlátok kiküszöbölése érdekében alkalmazhatók különböző eljárások, például mesterséges intelligencia vagy speciális robbantások, amelyek repedéseket hoznak létre a kőzetben. Ezek azonban már nagyon költséges megoldások, és a fúrások és a kutatások általában nagy költségekkel járnak, hiszen a helyszínrre ki kell vonulni és megfelelő berendezéseket kell telepíteni. A mesterséges intelligencia nagy segítséget jelenthet a költségek csökkentésében és a számítási modellek kidolgozásában is. Például a modellezési eljárásokban a mesterséges intelligencia segítségével automatizálhatóvá válik a törések bejelölése a képeken. Jelenleg a kutatók kézzel húzzák be a töréseket a fotókon, ami időigényes folyamat, különösen nagy területek esetén. A mesterséges intelligencia képes az adott képek feldolgozásával és elemzésével felismerni és bejelölni ezeket a töréseket. Ezáltal jelentősen gyorsítható és automatizálható ez a folyamat, és csökkenthető a manuális munka

igénye. Így a költségek csökkenthetők és a hatékonyság növelhető. Előfordulhatnak olyan helyzetek, amikor a mesterséges intelligencia hibásan észlel valamit a képen. Ebben az esetben a kutatóknak kell átnézniük az eredményeket, és korrigálni vagy törölni ezeket a hamis pozitív töréseket. Azonban a további fejlesztések során a mesterséges intelligencia teljesítménye javulhat, és a hibás észlelések száma csökkenhet.

Mi a céljuk a projekt ezen szakaszában?

A célkitűzésünk, hogy az év végére a termék piacra kerülhesen. Ezzel egy időben kiválasztjuk azokat a partnercégeket, akik részt vesznek majd a béta tesztelésben, és valós adatokkal modellezik a saját kutatási projektjeiket. Ez a fázis lehetővé teszi az utolsó finomhangolásokat és javításokat a termékben, mielőtt teljes mértékben elérhetővé válna a piac számára.



A 2020-1.1.2-PIACI-KFI-2020-00104 számú projekt a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított 346 759 030 Ft támogatással, a Piacvezérelt Kutatás-Fejlesztési és Innovációs Projektek Támogatása (2020-1.1.2-PIACI KFI) pályázati program finanszírozásában valósul meg.