

Álvéletlen (pseudo-random) vibrátorjelek beépített területen végzett szeizmikus mérésekhez

SCHOLTZ P.

Magyar Földtani és Geofizikai Intézet (MFGI), 1143 Budapest, Stefánia út 14.
E-mail: scholtz.peter@mfgi.hu

Optimalizált álvéletlen (pseudo-random) jelsorozatokot állítottunk elő és teszteltünk, amelyek vibrátoros szeizmikus reflexiós mérések során csökkenthetik az épületekben okozott kár valószínűségét. A vibrátoros méréseknél használt lineáris vibrojelel rezonanciát okoz az infrastruktúrában, ezért a károkozás lehetősége növekszik. Az álvéletlen vibrojelek használata egy kézenfekvő válasz lehet a problémára, de egy egyszerű véletlenszám-generátor által készített, a gyakorlatban használt jelsorozatnak hátrányai vannak. Ebben a munkában az elvárt tulajdonságokat rögzítjük, illetve egy optimalizációs eljárást alkalmazunk, hogy a kívánt eredményt elérjük. Kétféle stratégiát követünk az előfeldolgozás során: keresztkorreláció és dekonvolúció. Néhány optimális vibrojelel analízise azt mutatja, hogy lehetséges az álvéletlen vibrojelel teljes szeizmikus energiáját növelni még úgy is, hogy a korrelációs mellékmaximumok amplitúdója csökken. Ekkor a frekvenciatartománybeli amplitúdómenet is sokkal simább, mint egy egyszerű álvéletlen vibrojelel esetén. A terepi eredmények azt is megmutatják, hogy a részecskesebesség csúcserőértékei (PPV) a várt módon csökkennek, és a korrelált, illetve dekonvolált terepi felvételek hasonló minőségűek, mint a lineáris vibrojellel készült felvételek esetében.

Scholtz, P.: Pseudo-random sweep signals for seismic data acquisition in urban areas

Optimized pseudo-random sequences are calculated and tested for the purpose of reducing possible damage to buildings by vibratory sources during seismic reflection acquisitions. The common linear sweeps used at vibratory measurements cause resonance in infrastructure, hence the potential for damage increases. A pseudo-random sweep signal can be a natural choice to decrease resonance effects, but the sequences produced by simple random number generators have disadvantages. In this paper requirements are set and an optimization process is employed for producing pseudo-random sweeps to achieve satisfactory results. Two strategies are considered for pre-processing: autocorrelation and deconvolution. Analysis of optimum sweep examples shows that the peak energy is increased, while side-lobe energy is decreased compared to a simple pseudo-random sweep. Field tests reveal that the peak particle velocity values are reduced substantially, while correlated and deconvolved records are of similar quality compared to a linear sweep driven record.

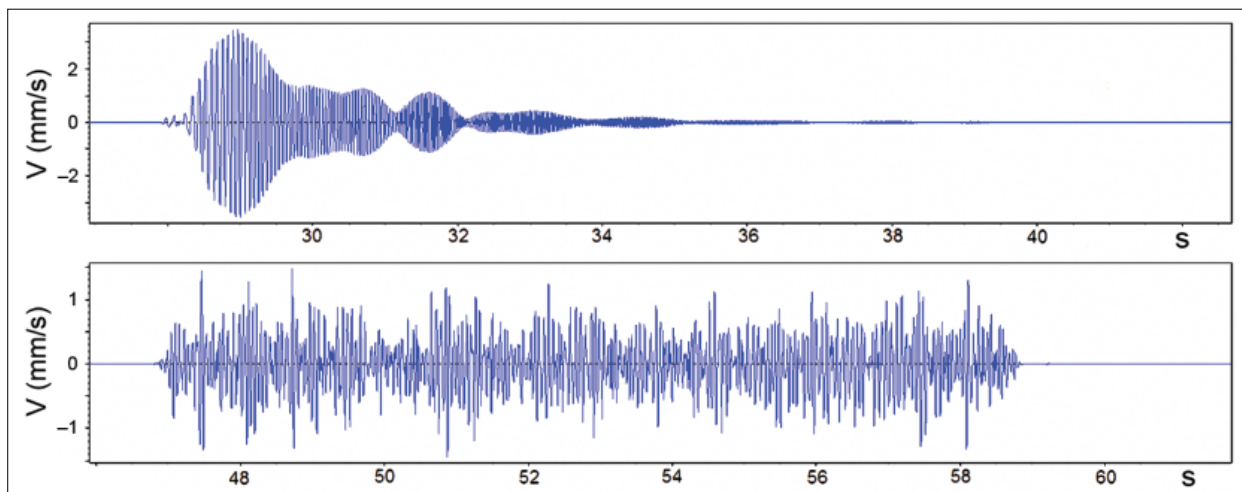
Beérkezett: 2013. december 8.; *elfogadva:* 2013. december 20.

Bevezetés

A vibroszeiz módszer, amelyben egy, a földdel csatolásban lévő eszköz (gyakorta egy hidraulikus szeizmikus vibrátor) generál vibrációt a föld felszínén, uralja a felszíni szeizmikus reflexiós mérések nagy részét. Sajnos még ez az eszköz is rendelkezik akkora teljesítménnyel, hogy épületek közelében működtetve a vakolatot megrepessze, vagy strukturális kárt okozzon falakban vagy csővezetékekben. Ez részben annak köszönhető, hogy rezonanciahatás jelentkezik. A vibrátorok által használt tipikus (6–100 Hz) frekvenciatartomány tartalmazza az épületek rezonanciafrekvenciáit is. A gyakorta használt lineáris vibrojelel – amely egy monoton változó frekvenciájú szinuszoid – oly módon is erősíti ezt a folyamatot, hogy egy-egy szűk frekvenciasávban viszony-

lag hosszan tartózkodik, ezáltal támogatva a konstruktív energiák felépülését.

Ahhoz, hogy az egyszerű lineáris vibrojelel okozta problémákat csökkentjük, olyan különböző vibrojeleváltozatokat javasoltak (Cunningham 1979, Strong 2003), amelyekben az álvéletlen vibrojelek alkalmazásai ideális megoldást sugallnak. Álvéletlen vibrojeleket használhatnak egyidejű jelgerjesztésű szeizmikus mérések során is, ahol az ortogonális álvéletlen vibrojelek erősítik a jelszeparációt (Krohn et al. 2008, Sallas et al. 2008). Az 1. ábrán egy lineáris és egy álvéletlen vibrojelel által gerjesztett vibrálás egy-egy rögzített csatornája látható. Az álvéletlen vibrojelel által vezérelt vibrálás sokkal alacsonyabb részecskesebesség-csúcserőértékeket produkált, mint a lineáris vibrojelelvezérlés esetén, bár mindkét esetben a vibrátor teljesítménye azonos szintű volt.



1. ábra Lineáris vibrojellel (fent) és álvéletlen vibrojellel (lent) történő gerjesztés elmozdulássebesség felvétele. Megfigyelhető a lineáris vibrojel okozta rezonanciahatás
Figure 1 Particle velocity behavior of linear (top) and simple pseudo-random (bottom) sweeps, showing higher resonance effects in the case of the linear sweep

Sajnálatos módon az egyszerű véletlenszám-generátor által készített vibrojel nem kívánt tulajdonságokkal is rendelkezik. A frekvenciaspektrum amplitúdómenete nem elég sima, az álvéletlen vibrojel teljes energiája jelentősen kisebb, mint egy hasonló lineáris vibrojelé, és a vibrojel autokorrelációja sokkal nagyobb mellékmaximumokat produkál, mint az megengedhető lenne (Burger et al. 1992, Strong 2003). Szerencsére számtalan variáció létezik a véletlen jelsorozatra. Iranpour és munkatársai (2009) optimális tulajdonságú (keresztkorrelációt csökkentő) álvéletlen vibrojelpárokat hoztak létre 'simulated annealing' eljárás segítségével, amelyek együttes jelgerjesztésű vibrációs mérések során alkalmazhatók. Ebben a munkában mi egy hasonló eljárást alkalmazunk, de a célunk az, hogy a mérések során a közeli infrastruktúrában, illetve épületekben a károkozás lehetőségét csökkentsük. Eljárásunkban azt is célul tűzzük ki, hogy a jelenlegi feldolgozási menetet a lehető legkisebb mértékben változtassuk meg. Meghatározzuk az elvárt tulajdonságokat, illetve felvillantjuk a számítási módszer lényegét. Példákon keresztül megmutatjuk, hogy milyen tulajdonságokkal rendelkeznek ezek a vibrojelek, és végül egy terepi mérés eredményeit is bemutatjuk.

Hogyan történik egy mérés most a terepen?

Az érzékeny épületek közelében szükségessé válik a vibrátor vezérlésének megváltoztatása úgy, hogy a csúcserő csökkenjen, amit természetesen az együtt dolgozó vibrátorok számának csökkentésével is elérhetünk. Ezzel a szeizmikus hullámok energiája is kisebb lesz. Nemzeti szabványok is léteznek: általában a részecskeelmozdulás csúcserőértékére (PPV) kapunk felső korlátot, amely az egyes frekvenciatartományokban más és más. Ahhoz, hogy a vibrátorok működtetése ellenőrizhető, dokumentálható legyen, illetve hogy a felszíni hatások változására reagálni tudjunk, külön ellenőrző PPV-méréseket végeznek a vibrátorok közelében elhelyezkedő

épületeken. Ilyen méréseket mindig el kell végezni, ha a vibrátorok közelében bizonyos távolságon belül épületek vagy egyéb infrastrukturális szerkezetek vannak (a távolsági határ tipikusan 100 m, de ezt tesztmérésekkel kell megállapítani). A gondos méréstervezés, illetve az extra PPV-mérés a terepi csoporttól többlet idő- és költségráfordítást igényel. Hasonlóan, ha a vibrátorcsoport teljesítményét azért kell csökkentenünk, hogy betarthassuk a szabvány határértékeit, elkerülendő az épületekben okozott kárt, akkor szükséges a jel/zaj viszony fenntartásához a vibrálások számának vagy a vibrálás időtartamának növelése. Ilyen esetben egy vibrátorponton eltöltött idő a normális körülményekhez képesti időtartam sokszorosa lehet, ami lelassítja az egész terepi csoport előrehaladását. Különleges esetben (igen magas költségek, nagyon érzékeny vagy közeli épületek, helyi lakosok ellenállása, engedély megtagadása stb.) a forráspont áthelyezése vagy egész területek kihagyása válik szükségessé. Ennek eredményeképpen a felszín alatti térrész lefedettsége csökken, a végső szeizmikus kép rosszabb minőségű lesz.

Optimalizált álvéletlen vibrojelek

Az általánosan használt előfeldolgozó lépés vibrátoros mérések esetén az elméleti vibrojel keresztkorrelációja a rögzített geofonjelekkel. A korrelációs eredménnyel szemben a következő főbb elvárásaink vannak: a szeizmikus beérkezések szintje legyen maximális, a korrelációs mellékmaximumok legyenek minimálisak, valamint egyenletes amplitúdóspektruma legyen (illetve – nemlineáris vibrojelek esetén – kövessen egy általunk meghatározott görbét). Ezek az alapelvárások érvényesek álvéletlen vibrojel esetén is. Ha egy egyszerű véletlenszám-generátort alkalmazunk az idősor létrehozása céljából, akkor ezek a kritériumok nem teljesülnek. Ezt vesszük észre akkor is, ha a vibrátorelektronikát gyártó cégek által mellékelte vibrojel-előállító programokat használjuk. Ennek következménye az, hogy az ilyen egysze-

rű álvéletlen vibrojeleket a gyakorlatban nem használják, vagy csak kivételesen. Az Iranpour és munkatársai (2009) által leírt optimalizációs eljárás vagy más módszerek is használhatók, hogy jobb véletlen jelsorozatokot állítsunk elő. Az ő módszerük globális optimalizációs procedúrát alkalmaz, amelyben egy költségfüggvény vezérli a jelsorozat megváltoztatását több ezer iterációs és perturbációs lépésben, egy adott séma szerint. De bármi is az optimalizációs módszer, a fő feladat, hogy definiáljuk az elvárásokat. A munkánkban két stratégiát követtünk. Az elsőben olyan álvéletlen vibrojeletet kerestünk, amely esetén annak autokorrelációs függvénye a legjobban közelíti egy általánosan használt vibrojelet (pl. lineáris vibrojelet) – melyet a mérési terület más részein használnak (pl. ahol nincs érzékeny épület) – autokorrelációs képét. Ebben az esetben az előfeldolgozás után (keresztkorreláció az elméleti vibrojellel) a szeizmikus felvétel hasonló tulajdonságokkal bír, mint a hagyományos vibrojellel történt mérés esetén. A másik megközelítés, amikor a korrelációt dekonvolúcióval helyettesítjük (korrektül persze ezt csak a tényleges kimenő jel ismeretében tehetjük meg, de ebben a munkában csak elméleti jelet használhattunk). Ebben az esetben az előfeldolgozás során keletkező mellékmaximumok nem jelentősek, így nem kell ezekre külön figyelni. Az optimalizációs eljárás koncentrálna a vibrojelet teljes energiájának növelésére, amely alapesetben sajnos lényegesen kisebb, mint például lineáris vibrojelet használatánál. A végső eredmény az, hogy az optimalizált

álvéletlen vibrojelet alkalmazása esetén a rezonanciahatás csökken, a vibrojelet nagyobb vibrátorteljesítmény mellett lehet használni, akár több, egyszerre dolgozó vibrátorral, közelebb az érzékeny épületekhez, kevesebb számú ismételt rezgés-keltéssel úgy, hogy a károkozás lehetősége csökken.

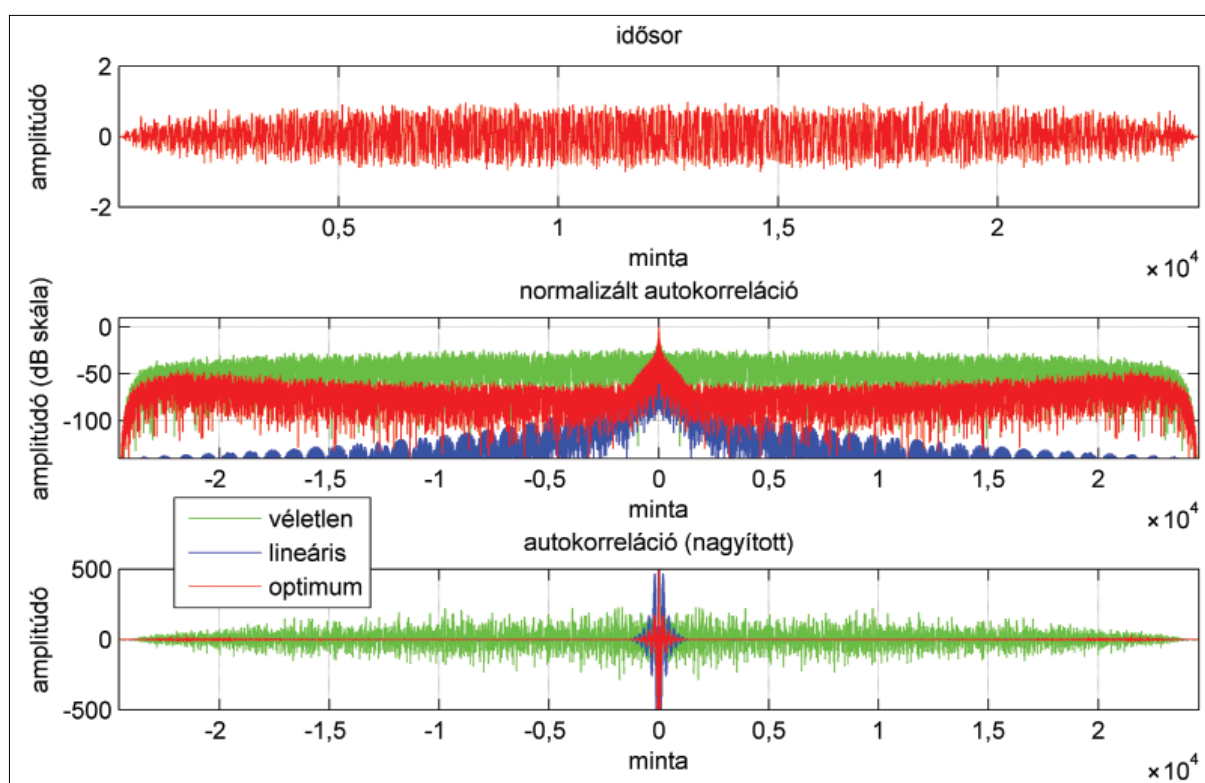
Álvéletlen vibrojelek autokorrelációs függvényének hasonlósági tétele

Az optimalizációs eljárásban egy költségfüggvényt definiálunk, ennek során különböző súlyt fektetünk az előre definiált kritériumokra:

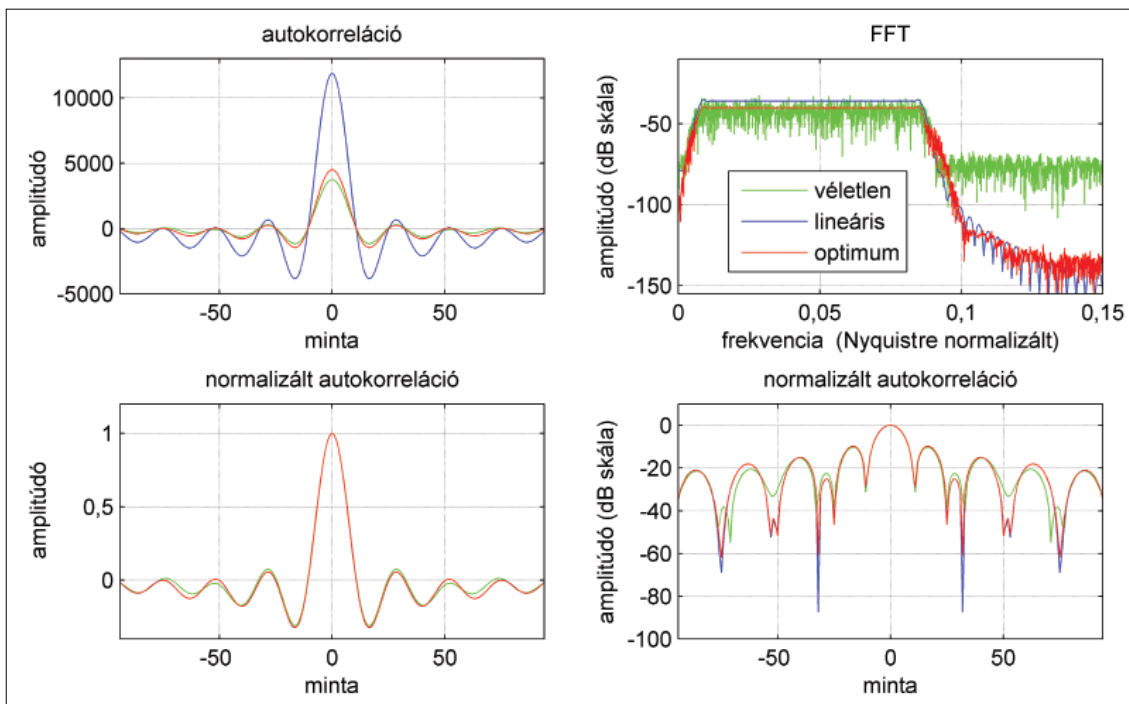
- a vibrojelet teljes szeizmikus energiája (maximalizálás),
- a teljes energia és a mellékmaximumok aránya (maximalizálás),
- az optimális vibrojelet és egy hagyományos (itt lineáris) vibrojelet autokorrelációjának hasonlósága (maximalizálás).

A numerikus számításokat egy 12 s hosszúságú, 2 ms mintavételezétséggű, 6–90 Hz sávzélességgű, 0,3 s koszinusz típusú átmeneti függvénnyel kapuzott jelsorozaton végeztük.

A 2. ábrán az idősor (felső rész), a dB-ben skálázott autokorrelációs függvény (középső rész, piros színű görbe) és egy felerősített amplitúdójú autokorrelációs függvény (alsó rész, piros görbe) látszik az optimalizált álvéletlen vibrojelet

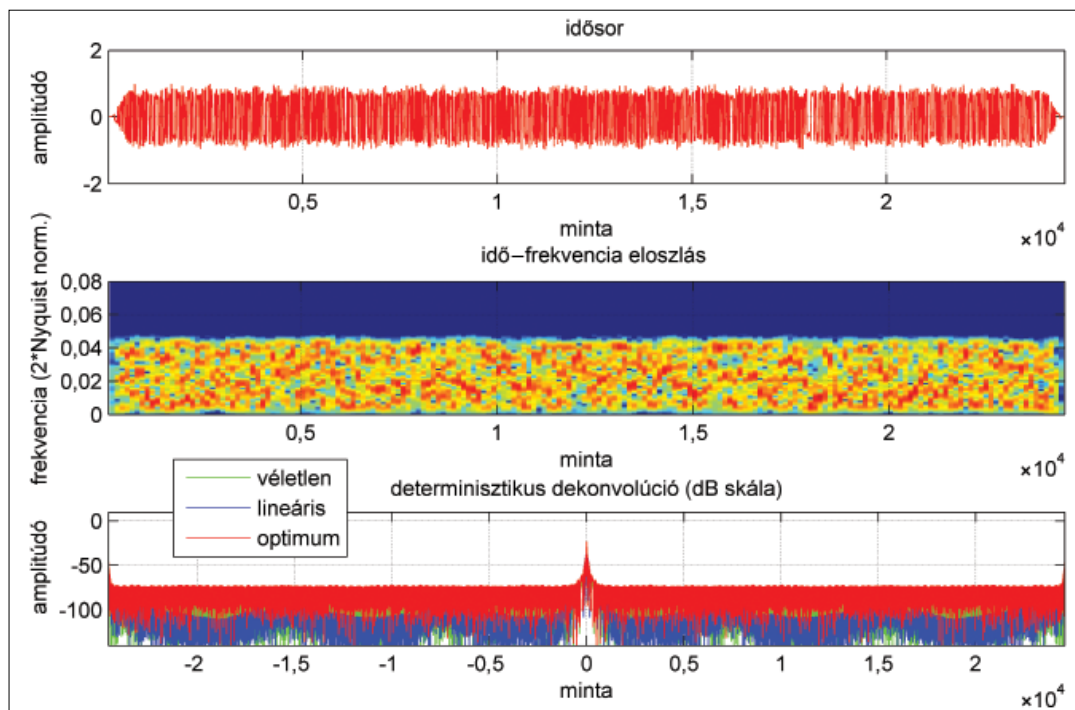


2. ábra Optimalizált álvéletlen idősor (felső rész) és autokorrelációs függvénye (középső és alsó rész, piros görbe). Az összehasonlíthatóság kedvéért egy hasonló paraméterekkel bíró lineáris vibrojelet (kék) és egy egyszerű véletlen vibrojelet (zöld) autokorrelációs függvényét is ábrázoltuk
Figure 2 Optimized pseudo-random sequence (top), the dB-scaled (middle), and the magnified autocorrelation function of a matching autocorrelation-based optimized pseudo-random sweep (bottom, red curve). For reference, autocorrelations of linear and simple pseudo-random sweeps are also shown (bottom, blue and green curves)



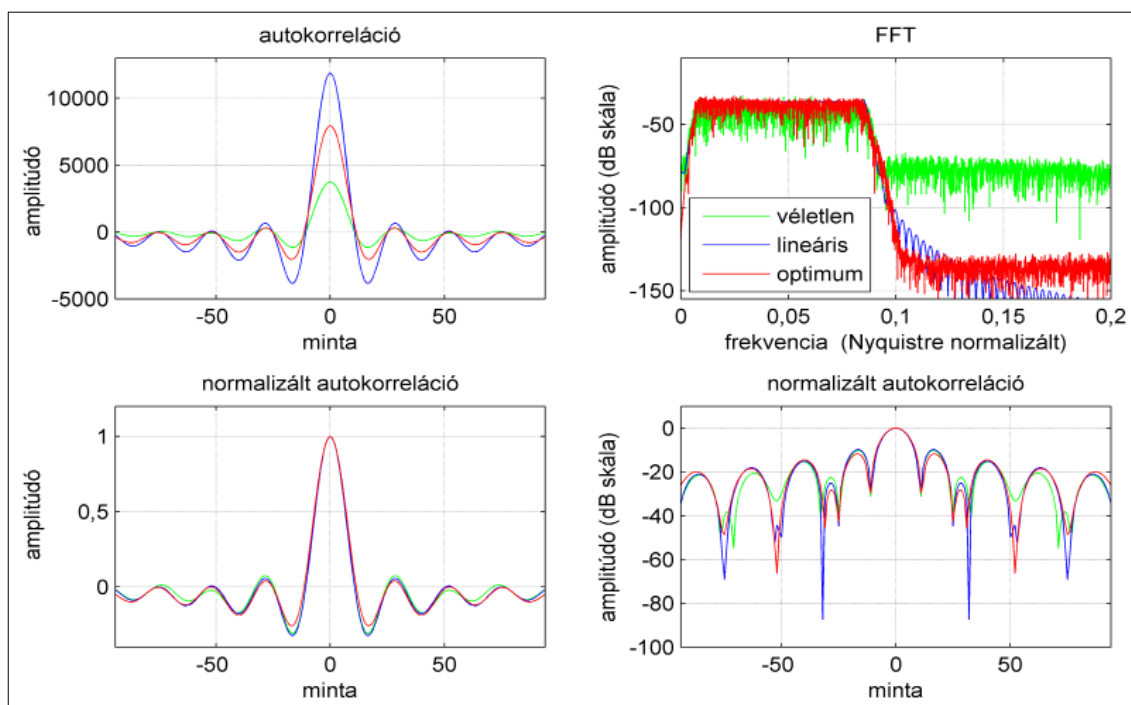
3. ábra Optimalizált álvéletlen idősor (piros) autokorrelációjának normalizált centrális tartománya (alsó rész, balra), a dB-ben skálázott autokorrelációs függvény középső része (alsó rész, jobbra). Az autokorrelációs csúcserő (energiaviszonyok) ábrázolása (balra fent) és a frekvenciatartománybeli amplitúdóviszonyok (jobbra, fent). Az összehasonlíthatóság kedvéért egy hasonló paraméterekkel bíró lineáris vibrojel (kék) és egy egyszerű véletlen vibrojel (zöld) megfelelő függvényeit is ábráztuk

Figure 3 The central part of the autocorrelation function (top left), the amplitude spectrum (top right), the normalized central region of the autocorrelation function (bottom left), and the normalized central part of the dB-scaled autocorrelation function (bottom right) based on the optimized matching autocorrelations pseudo-random sweep (in red). For reference, the respective functions of a linear sweep are blue and a simple pseudo-random sweep in green



4. ábra Dekonvolúciós előfeldolgozáshoz optimalizált álvéletlen idősor (felső rész), az optimális idősor idő-frekvencia képe (középen) és a dB-ben skálázott determinisztikus dekonvolúciós függvény (alsó rész, piros görbe). Az összehasonlíthatóság kedvéért egy hasonló paraméterekkel bíró lineáris vibrojel (kék) és egy egyszerű véletlen vibrojel (zöld) dekonvolúciós függvényét is ábráztuk

Figure 4 Time sequence (top), time–frequency distribution (middle), and the dB-scaled self deconvolution function of the energy-maximized pseudo-random sweep (bottom, red curve). For comparison, the functions of a linear sweep and a simple pseudo-random sweep are also shown (bottom, blue and green curves)



5. ábra Optimalizált álvéletlen idősor (piros) autokorrelációjának normalizált centrális tartománya (alsó rész, balra), a dB-ben skálázott autokorrelációs függvény középső része (alsó rész, jobbra). Az autokorreláció csúcserőtelje (energiaviszonyok) ábrázolása (balra fent) és a frekvenciatartománybeli amplitúdó viszonyok (jobbra, fent). Az összehasonlíthatóság kedvéért egy hasonló paraméterekkel bíró lineáris vibrojel (kék) és egy egyszerű véletlen vibrojel (zöld) megfelelő függvényeit is ábrázoltuk

Figure 5 The central part of the autocorrelation function (top left), the amplitude spectrum (top right), the normalized central part of the autocorrelation function (bottom left), and the normalized central part of the dB-scaled autocorrelation function (bottom right) based on the energy-maximized pseudo-random sweep (in red). For reference, the respective functions of a linear sweep are blue and a simple pseudo-random sweep in green

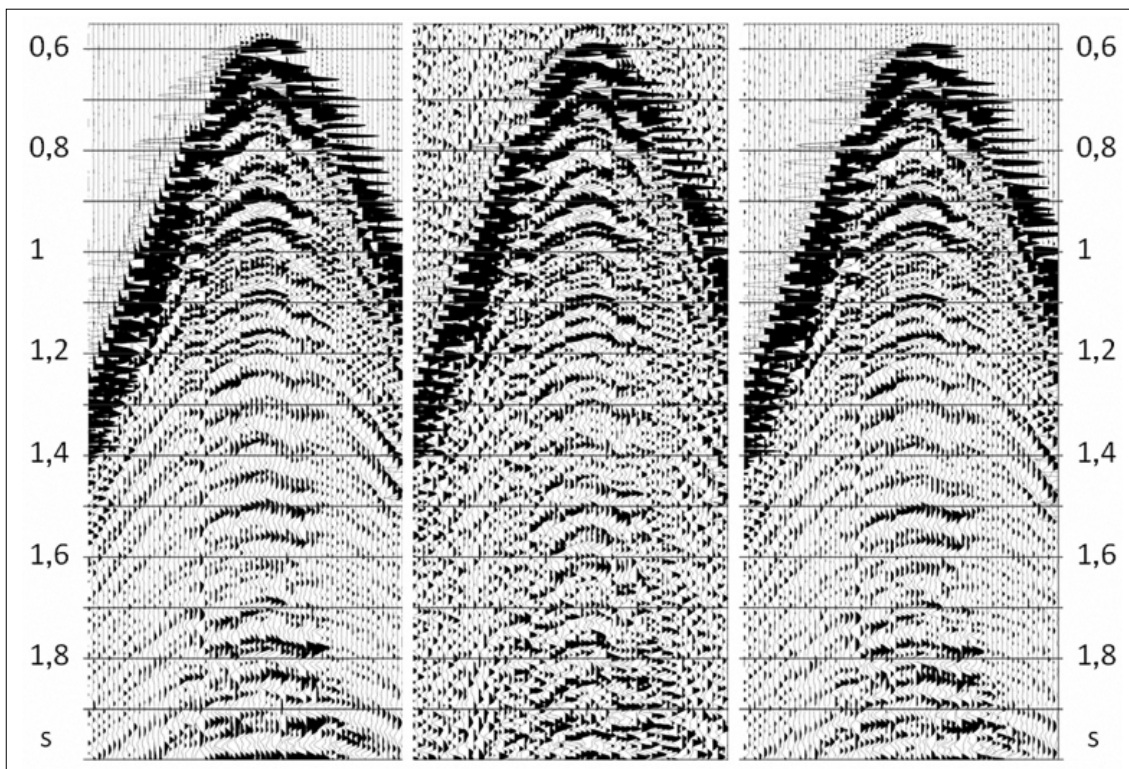
esetén. Az összehasonlíthatóság kedvéért egy hasonló paraméterekkel bíró lineáris vibrojel (kék) és egy egyszerű véletlen vibrojel (zöld) autokorrelációs függvényét is ábrázoltuk. Világosan látszik, hogy az autokorrelációs mellékmaximumok szintjében körülbelül 20–30 dB csökkenést értünk el az egyszerű véletlen jelhez képest. Megfigyelhető, hogy az autokorrelációs függvény centrális része, amely az elméleti szeizmikus elemi hullámot adja, jól illeszkedik a lineáris vibrojel hasonló görbéjéhez, így az optimalizációs célt teljes mértékben elértük (3. ábra). Ha tovább vizsgáljuk az autokorrelációs függvényeket (3. ábra), akkor azt látjuk, hogy az energiaszint a lineáris vibrojel esetén a legnagyobb, az egyszerű véletlen vibrojel esetén a legkisebb, az optimalizált álvéletlen vibrojel szintje pedig a kettő között helyezkedik el. Ebben az esetben csak csekély mértékű energianövekedést értünk el az egyszerű véletlen vibrojelhez képest. A frekvenciatartománybeli amplitúdómenet az egyszerű véletlen vibrojel esetén gyorsan változik egy kb. 20 dB szélességű tartományban, és ez a sáv 1–2 dB-re csökken az optimalizáció után.

Álvéletlen vibrojelek dekonvolúciós előfeldolgoása

Ebben az esetben az előfeldolgozás a korreláció helyett dekonvolúció, és így az előre meghatározott kritériumok:

- a vibrojel teljes energiájának maximalizálása,
- a frekvenciatartománybeli amplitúdómenet fluktuációjának minimalizálása.

A numerikus számításokhoz használt vibrojelparaméterek ugyanazok, mint előzőleg. A 4. ábrán az idősor (felső rész) és az a dB skála szerint ábrázolt függvény látható, melyet az elméleti vibrojel, vagyis az optimalizált álvéletlen vibrojel önmagával való dekonvolúciója eredményeképpen kapunk (alsó rész, piros görbe). Összehasonlításképpen a determinisztikus dekonvolúciót elvégeztük a lineáris vibrojelre, valamint egy egyszerű, nem optimalizált álvéletlen vibrojelre is (alsó ábrarész, kék és zöld görbe). Az idő–frekvencia eloszlás egyenletességét a középső ábrarész mutatja. A mellékmaximumok szintje mindegyik esetben viszonylag alacsony, és kisebb (kivéve a lineáris vibrojel nagy eltolások mellett mérhető értékeit), mint az autokorrelációs módszer esetén. Itt az optimalizációs eljárás a vibrojel teljes energiájára koncentrált, így kb. kétszeres energianövekedést sikerült elérni az egyszerű álvéletlen vibrojelhez képest, elérve a lineáris vibrojel energiájának kétharmad részét. Az optimalizált álvéletlen vibrojel frekvenciatartománybeli amplitúdógörbéjének fluktuációja most is javult, csak egy 5–10 dB széles sávban mozog, bár a javulás kisebb mértékű, mint amikor az energia növelése kevésbé kapott hangsúlyt (5. ábra).



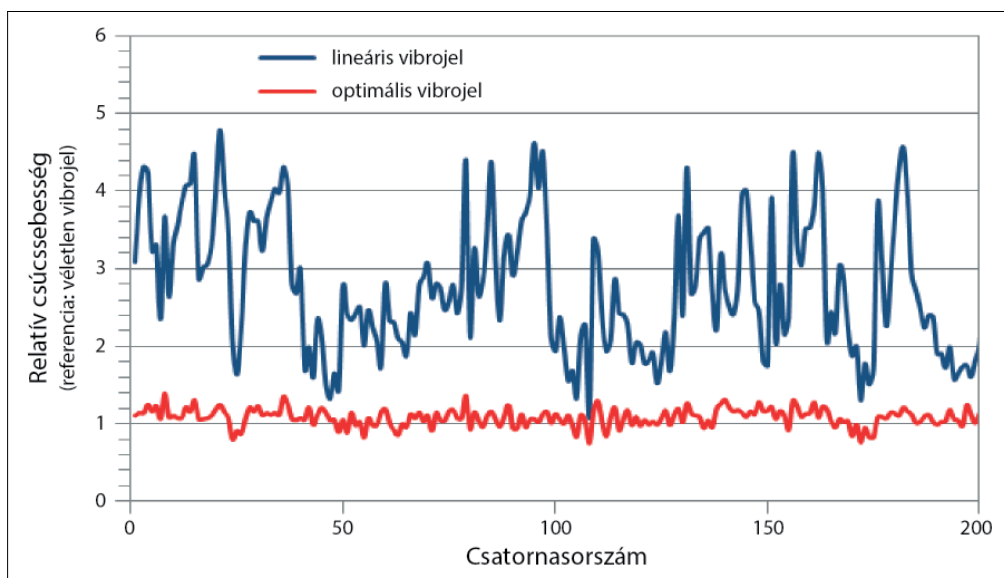
6. ábra Terepi korrelált felvételek ugyanarról a vonalrészről. A lineáris vibrojellel készült felvétel a bal oldalon található, a gyári szoftver generálta, egyszerű álvéletlen vibrojellel gerjesztett felvétel középen, illetve az optimalizált álvéletlen vibrojellel készült felvétel pedig a jobb oldalon látható

Figure 6 Parts of correlated seismic records from the same seismic lines. Linear sweep (left), off-the-shelf pseudo-random sweep (middle), and optimized (matching autocorrelations) pseudo-random sweep (right)

Terepi próba

Terepi teszten hasonlítottuk össze három különböző vibrojel viselkedését. Mindegyik paraméterei megegyeznek az előzőekkel ($T = 12$ s, $dt = 2$ ms, 6–90 Hz, 0,3 s koszinusz típusú):

- lineáris vibrojel,
- egyszerű álvéletlen vibrojel azzal a szoftverrel generálva, amelyet a vibrátorelektronikát gyártó cég mellékel a termékéhez,



7. ábra Relatív csúcsebesség a szeizmikus vonalak mentén. Az álvéletlen vibrojellek jelentősen kisebb rezonanciahatást okoznak a lineáris vibrojelhez képest

Figure 7 Relative PPV levels along the seismic lines. The linear sweep induced a much higher resonance than did the pseudo-random sweeps

- optimalizált álvéletlen vibrojel (az optimalizációs eljárásban a lineáris vibrojel autokorrelációs függvényét közelítettük).

A 6. ábrán korrelált felvételeket mutatunk, melyeket ugyanazon a szeizmikus vonalon, a különböző vibrojelekkel gerjesztve mértünk. A lineáris vibrojellel készült felvétel a bal oldalon található, a gyári szoftver generálta, egyszerű álvéletlen vibrojellel gerjesztett felvétel közepén, illetve az optimalizált álvéletlen vibrojellel készült felvétel a jobb oldalon látható. A vibrojel paraméterei az adott olajkutató projektben használt vibrojel paraméterei voltak. A csak előfeldolgozott felvételek is világosan megmutatnak néhány, nem túl mély reflexiós felületet, bár a középső felvétel igencsak zajos, amit az erős mellékmaximumok megjelenése okoz (az elméleti vibrojel alapján is várható módon). Az optimalizált vibrojellel készült felvételben ezek a zajok nagyrészt hiányoznak (lásd a 6. ábra jobb oldali részét). Mivel az álvéletlen vibrojelekben a teljes energia lényegesen kisebb, mint a lineáris vibrojelben, illetve itt nem az energiamaximalizáció volt a cél (bár sikerült kicsit növelni az energiát, elérve a lineáris vibrojel energiájának egyharmadát), egy bizonyos szintű jel/zaj viszonycsökkenés továbbra is megfigyelhető. A dekonvolúciós előfeldolgozás további javulást is lehetővé tenné, mert általa növelhető a teljes szeizmikus energia ugyanolyan hosszú vibrojelben is. Sajnos ezt a típusú vibrojelet még nem volt módunkban terepen is kipróbálni.

A rezonanciahatás csökkent az álvéletlen vibrojelek alkalmazásával (függetlenül attól, hogy optimalizált vagy sem). Ezt illusztráltuk korábban az 1. ábrán. A jelen esetben a mértéke tipikusan 2–4-szeres volt, vagyis ennyied részére esett a mért PPV-érték. Ez figyelhető meg a szeizmikus vonalak egy bizonyos geofon tartományára melyet a 7. ábrán ábrázoltunk a relatív PPV-értékekkel: lineáris vibrojel és optimalizált álvéletlen vibrojel. A referenciaértékeket az egyszerű véletlen vibrojel esetén mért értékek jelentették.

Az álvéletlen vibrojelek alkalmazásának egyik pozitív mellékhatása, hogy kis frekvencián a vibrátor jobban működik (Sallas et al. 2008), mert egyenletesen oszlik el a kis frekvenciák gerjesztése a vibrojel teljes hossza alatt. Ezek a frekvenciák különben extra terhelést jelentenek a hidraulika folyadékáramlási mennyiségében. Ez a pozitív hatás a mi tesztkben is megfigyelhető volt. Természetesen vannak rossz mellékhatások is. Az egyik ilyen a harmonikus torzítás, amelyet a vibrátor–föld csatolt rendszer mechanikája és hidraulikája okoz. Lineáris vibrojelek esetén ezt a hatást Saragiotis és munkatársai (2010) is tanulmányozták, de módszerük itt nem alkalmazható az egymást időben átfedő hasonló frekvenciák miatt. Ezen a területen további vizsgálatok szükségesek.

Összefoglalás

Megmutattuk, hogy optimalizált álvéletlen idősorok mint vibrojelek sikeresen alkalmazhatók szeizmikus reflexiós

méréseknél, ahol a cél, hogy csökkentsük a vibrátorok okozta károk esélyét, melyek közeli épületekben keletkezhetnek. Az optimalizációs eljárás képes olyan vibrojelet előállítani, melynek az autokorrelációs mellékmaximumai lényegesen kisebbek, mint egy gyári szoftver által generált álvéletlen vibrojelé. Hasonlóképpen, az optimalizációs eljárás tartalmazhat olyan célfüggvényt is, mely az optimális vibrojel autokorrelációjának egy tetszőleges másik, pl. lineáris vibrojel autokorrelációját közelíti, legalábbis a centrális tartományban (ez egyébként az elméleti szeizmikus elemi hullám az előfeldolgozás után). Ez könnyen lehetővé teszi a kevert alkalmazást a terepen: az érzékeny épületek közelében az optimalizált álvéletlen vibrojelet, máshol a hagyományos vibrojelet alkalmazzuk, az előfeldolgozási módszerrel pedig semmit nem változtatunk. A dekonvolúciós eljárás még azt is megengedi, hogy a figyelmünket a vibrojel energiájának maximalizációjára fordítsuk, így javítva a jel/zaj viszonyt amellet, hogy a rezonanciahatást is csökkentjük. Terepi tesztk megmutatta, hogy az általunk próbált esetekben a PPV-értékek jelentősen csökkentek a lineáris vibrojelhez képest, következésképp a vibrátor által az adott ponton eltöltött idő is leszorítható, amivel a produktivitás fokozható, miközben a PPV határértékeket nem lépjük át, csökkentve az épületek veszélyeztetettségét.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetem fejezem ki Kambiz Iranpournak a vele való konzultációkért, melyekre az EU Marie Curie Host Fellowships (no. MTKD-CT-2006-042537) projekt keretében került sor. A terepi tesztkert pedig az Acoustic Geophysical Services cégnek tartozom köszönettel.

A tanulmány szerzője

Scholtz Péter

Hivatkozások

- Burger P., Baliguet P., Naudot J. C., 1992: New vibrator control concept offers industrial use of pseudo-random sweeps in populated areas. Presented at the 54th Annual Meeting, EAEG
- Cunningham A. B., 1979: Some alternative vibrator signals. *Geophysics* 44, 1901–1921
- Iranpour K., Eriksson S., Hoerlin C., 2009: Generating Sweep Sequences. United States Patent no. 20090052278
- Krohn C.E., Neelamani R., 2008: Simultaneous sourcing without compromise. Presented at the Vibroseis Workshop, EAGE
- Sallas J. J., Gibson J. B., Forest L., Winter O., Montgomery R., Nagarajappa P., 2008: Broadband vibroseis using simultaneous pseudo-random sweeps. 78th Annual International Meeting, SEG, Expanded Abstracts, pp. 100–104
- Saragiotis C., Scholtz P., Bagaini C., 2010: On the accuracy of the ground force estimated in vibroseis acquisition. *Geophysical Prospecting* 58, 69–80
- Strong S. R., 2003: Numerical modelling of pseudo-random seismic sources. Honours Thesis, University of Queensland