



Crustal thickness and its V_p/V_s ratio beneath KHAV and SERG stations

Baasanbat Tsagaan^{1*}, Bayarsaikhan Chimedtseren¹, Togtokhbayar Sugir¹, Narangii Baasansuren¹, and Narmandakh Adiyasuren¹

¹Institute of Astronomy and Geophysics, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar, Mongolia

Received: 2025-10-30, Accepted: 2025-12-15, <https://doi.org/10.5564/mjag.v12i1.5195>

*Corresponding author: baasanbat@iag.ac.mn ● 0000-0002-4235-6705

Abstract

The thickness of the crust and its seismic velocity ratio V_p/V_s below the KHAV and SERG seismic stations in Dornod, Mongolia, were determined using the $H - k$ stacking inversion of teleseismic receiver functions. The crustal thickness under the KHAV station was determined to be 33.1 ± 0.9 km, the seismic velocity ratio V_p/V_s was 1.82 ± 0.04 , and the Poisson's ratio was 0.283 ± 0.014 . The crustal thickness under the SERG station was determined to be 35.2 ± 0.6 km, the seismic velocity ratio V_p/V_s was 1.75 ± 0.02 , and the Poisson's ratio was 0.257 ± 0.007 .

Keywords: Dornod Mongol, crust, crustal thickness, teleseismic receiver function

1. Удиртгал

Царцдасын зузаан нь бүс нутгийн сейсмотектоникийг ойлгох, газар хөдлөлтийн гипоцентрийг нарийвчлах зэрэг сейсмологийн асуудлуудыг шийдэхэд гол чухал зааглал (constraint) болдог. Монгол орны гүний тогтцыг хүндийн хүчний орны судалгаагаар тодорхойлсон байдаг (Baljinnyam & Khilko, 1990). Тус судалгааны үр дүнгээс үзэхэд Дорнод Монголын доорх Мохо гадаргын орших гүн 40-45 км, 40 км-ээс доош гэсэн бүсэд хамаарна гэж үзжээ. Монгол орны царцдасын зузааныг холын газар хөдлөлтийн хүлээн авагчийн функцийг судалгаагаар тодорхойлсон байдаг (Tsagaan et al., 2024). Тус судалгаагаар Монгол орны царцдасын зузаан зүүнээсээ баруун тийш зузаарч, Монгол орны зүүн царцдасын зузаан 36 км байхад баруун хязгаарт 63 км хүрдэг гэж үзжээ. Монгол орны

царцдасын зузааны тойм зургийг гаргахад мэдээллийг нь хэрэглэсэн газар хөдлөлт бүртгэх байнгын станцуудын хамгийн зүүн талд нь DABM станц байдаг. Өөрөөр хэлбэл газар хөдлөлт бүртгэх байнгын станцуудын тархалт дутмаг учраас CRUST1.0 (Laske et al., 2013) загварыг эс тооцвол зөвхөн DABM станцын доорх царцдасын зузаанаар Дорнод Монголын царцдасын зузаан илэрхийлэгдэж байна гэж үзэж болно. Дорнод Монголын хойд хэсэгт хүндийн хүчний орны судалгаагаар тодорхойлогдсон Мохо гадаргын орших гүн болон сейсмологийн судалгаагаар тодорхойлогдсон царцдасын зузааны хооронд нэлээд зөрүү байна. Иймд Монгол орны зүүн хэсгийн царцдасын зузааны зургийг илүү нарийвчлалтай зохиохын тулд Дорнод Монголын царцдасын зузааныг илүү олон цэгт тодорхойлох шаардлагатай. Иймд энэ судалгааны ажлын гол зорилго нь

Дорнод Монголын хойд хэсгийн царцдасын зузааныг тодорхойлох явдал юм.

Дорнод Монголын царцдасын зузааныг судлах судалгааны ажлын хүрээнд тус бүс нутгийн хойд хэсэгт сонгогдсон цэгүүдэд газар хөдлөлт бүртгэх нүүдлийн станцуудыг тодорхой хугацаагаар суурилуулан ажиллуулж, хуримтлагдсан мэдээллээр нь тус станцуудын доорх дэлхийн царцдасын зузаан, түүний сейсмик хурдны харьцааг тодорхойлж, дүгнэх юм.

2. Судалгааны арга зүй

Холын газар хөдлөлтийн тууш P -долгион нь физик шинж чанараараа өөр хоорондоо ялгаатай дээд манти болон царцдасын зааг, өөрөөр хэлбэл Мохо гадаргаар нэвтэрч өнгөрөхөд ойлт хугаралтын хууль ёсоор түүний зарим хэсэг нь туйлшралаа өөрчилж, тууш P -долгионоос тодорхой хугацааны дараа газар хөдлөлт бүртгэх станцад бүртгэгддэг. Энэ тууш P -фаз болон хувирсан фазуудыг агуулсан функцыг хүлээн авагчийн функц гэх бөгөөд түүнийг ашиглан царцдасын зузаан болон түүний сейсмик хурдны Vp/Vs харьцааг тодорхойлдог. Энэ судалгаанд бид холын газар хөдлөлтийн хүлээн авагчийн функцийг аргыг сонгосон болно.

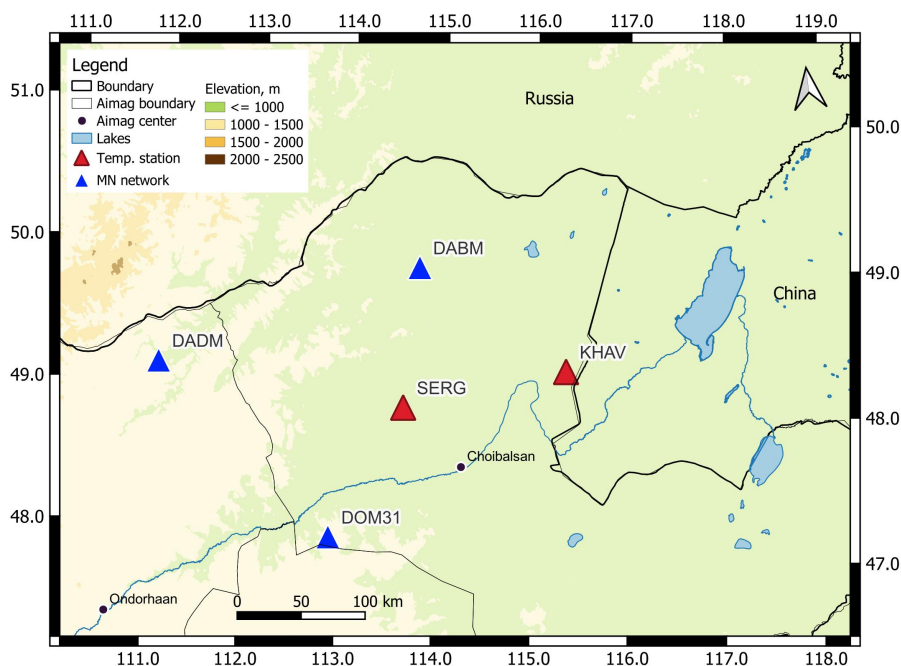
Холын газар хөдлөлтийн хүлээн авагчийн функцийг арга нь дэлхийн царцдасын зузааныг тодорхойлдог сейсмологийн стандарт арга юм (Ammon et al., 1990; Langston, 1979). Хүлээн авагчийн функц гэдэг нь өргөн гурван байгуулагч бүхий сейсмограммаас гаргаж авсан хугацаат цуваа бөгөөд холын газар хөдлөлтийн P долгионд хүлээн авагч буюу тухайн газар хөдлөлт бүртгэх станцын доорх царцдасын үзүүлэх үйлчлэлийг илэрхийлдэг. Холын газар хөдлөлтийн долгион дээд маантиас царцдас руу тархах үед P долгионы зарим хэсэг нь туйлшралаа өөрчилж S долгион болон хувирдаг. Гурван байгуулагч бүхий холын газар хөдлөлтийн сейсмограммыг деконволюци хийх замаар энэ хувирсан, болон фазуудыг агуулсан хүлээн авагчийн функцийг тодорхойлж, тэдгээрийн далайц, хугацааны мэдээллээр царцдасын зузаан, түүний сейсмик хурдны Vp/Vs харьцааг тодорхойлдог.

Царцдасын зузааныг тодорхойлоход хэрэглэгдэх ажиглагдсан хүлээн авагчийн функцийг хугацааны мужид деконволюци хийж бодлоо (Ligorra & Ammon, 1999). Ажиглагдсан хүлээн авагчийн функцүүдийг $H - k$ stacking инверсид оруулж царцдасын зузаан болон сейсмик хурдны харьцааг тодорхойлоо (Zhu & Kanamori, 2000; Porritt & Miller, 2018). $H - k$ stacking инверси нь янз бүрийн H -зузаантай, сейсмик хурдны $k = Vp/Vs$ -харьцаатай царцдасын загваруудын хувьд дээрх сейсмик фазуудын таамагласан бүртгэгдэх хугацаанд харгалзах ажиглагдсан хүлээн авагчийн функцийг далайцыг жигнэж нэмэх замаар царцдасын зузаан, түүний сейсмик хурдны Vp/Vs харьцаа болон уян харимхайн Пуассоны коэффициентийг тодорхойлдог. Холын газар хөдлөлтийн хүлээн авагчийн функцын $H - k$ stacking инверсийн аргын давуу тал нь фаз авахгүйгээр олон тооны холын газар хөдлөлтийг боловсруулдаг явдал юм.

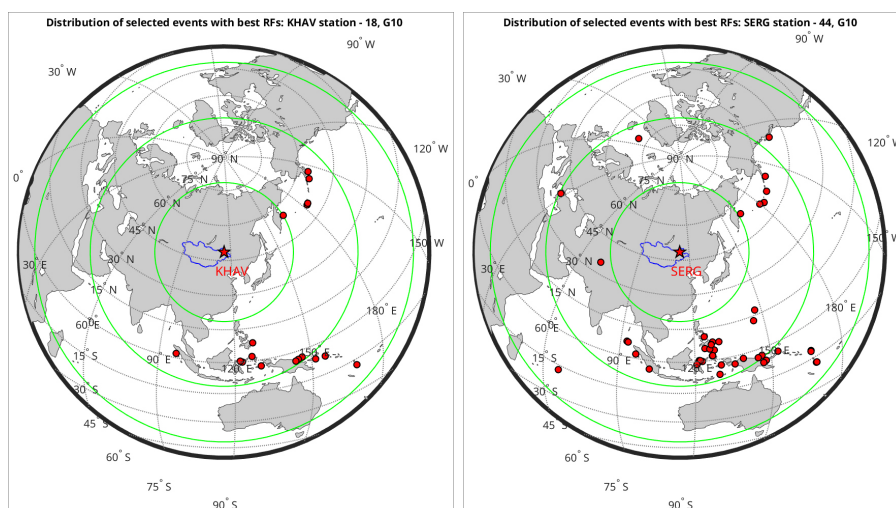
3. Судалгааны ажлын мэдээллийн сан

Дорнод Монголын хойд хэсэгт, Дорнод аймгийн Чойбалсан сумын Хавирга боомтын ойролцоо болон мөн тус аймгийн Сэргэлэн сумын нутагт суурилуулагдсан KHAV болон SERG станцууд нь 2024 оны 08 сараас 2025 оны 10 сар хүртэл ажилласан болно (Зураг. 1). Тус судалгаанд хэрэглэгдэх холын газар хөдлөлүүдийн эхний каталогийг АНУ-ын Геологийн судалгааны (USGS) хянасан мэдээллийн сангаас авсан. Үүний дараа тус нүүдлийн станцуудын мэдээллээс эдгээр холын газар хөдлөлүүдийн сейсмограммуудыг таслан авч, ажиглагдсан хүлээн авагчийн функцүүдийг бодлоо.

KHAV болон SERG станцуудын хувьд тус судалгаанд хэрэглэгдэх холын газар хөдлөлүүдийн нийт тоо тус бүр 18 болон 44 байна. Тус холын газар хөдлөлүүдийн тархалт болон ажиглагдсан хүлээн авагчийн функцүүдийг Зураг. 2-4-т үзүүлээ. Станц бүрийн ажиглагдсан хүлээн авагчийн функцүүдэд 4-5 секундийн хооронд фаз нэлээн тод, 15 секундийн орчимд фаз сайн ажиглагдана. Мөн тангенциал хүлээн авагчийн функцийг далайц радиал хүлээн авагчийн функцийг далайцаас бага байна.



Зураг 1. Газар хөдлөлт бүртгэх нүүдлийн SERG болон KHAV станцуудын байрлал.

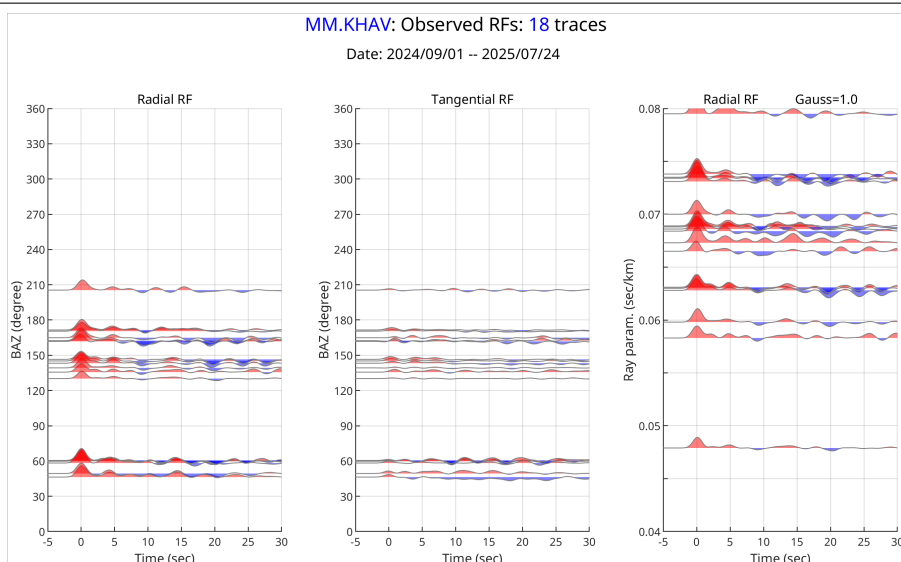


Зураг 2. Ажиглагдсан хүлээн авагчийн функцүүдийг нь судалгаанд хэрэглэсэн холын газар хөдлөлтүүдийн тархалт: KHAV болон SERG станцууд.

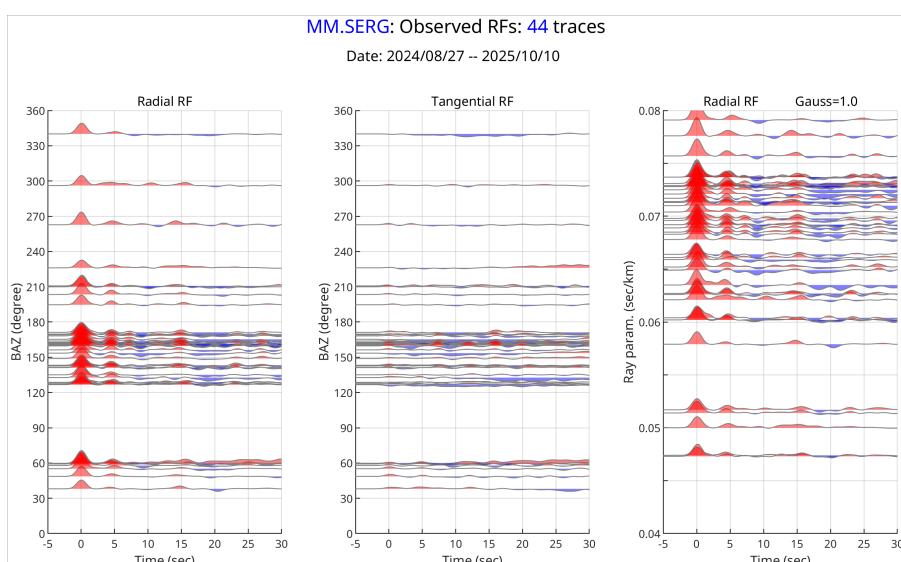
4. Судалгааны ажлын үр дүн

Дорнод Монголын хойд хэсэгт суурилуулсан KHAV болон SERG станцуудын доорх дэлхийн царцдасын зузаан, түүний сейсмик хурдны V_p/V_s харьцааг холын газар хөдлөлтийн хүлээн авагчийн функцийг $H - k$ stacking инверсээр судалж тогтоолоо (Zhu & Kanamori, 2000). Судалгааны үр дүнгээс үзэхэд KHAV станцын доорх царцдасын зузаан 33.1 ± 0.9 км, түүний сейсмик хурдны V_p/V_s харьцаа 1.82 ± 0.04 , Пуассоны ко-

эффицент 0.283 ± 0.014 гэж тодорхойлогдлоо. SERG станцын доорх царцдасын зузаан 35.2 ± 0.6 км, түүний сейсмик хурдны V_p/V_s харьцаа 1.75 ± 0.02 , Пуассоны коэффициент 0.257 ± 0.007 байна. (Хүснэгт. 1, Зураг. 5). $H - k$ инверсийн үр дүнгийн алдааг шалгахын тулд статистикийн дахин түүвэрлэх (bootstrapping) аргыг хэрэглэв (Efron & Tibshirani, 1986).



Зураг 3. КHAV станцад ажиглагдсан холын газар хөдлөлтийн хүлээн авагчийн функцүүд.



Зураг 4. SERG станцад ажиглагдсан холын газар хөдлөлтийн хүлээн авагчийн функцүүд.

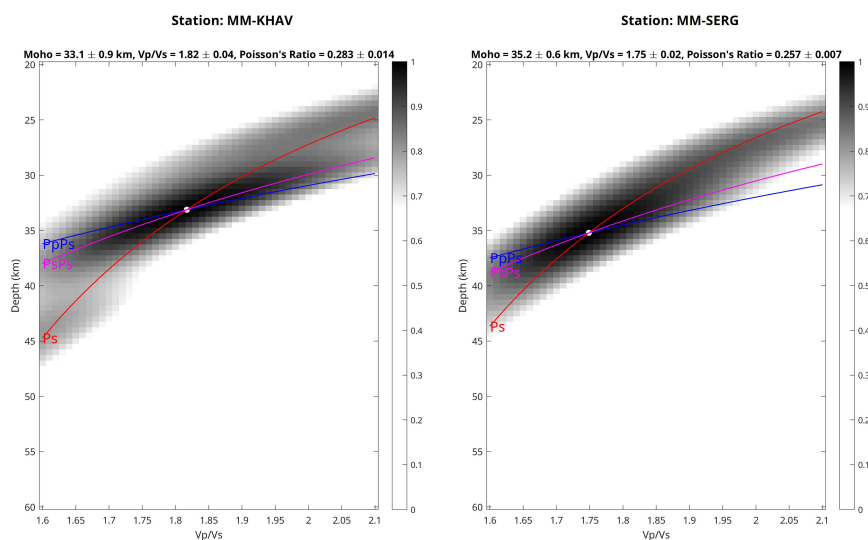
Хүснэгт 1. КHAV ба SERG станцууд

Станц	EQ	H (км)	Vp/Vs	ν
КHAV	18	33.1 ± 0.9	1.82 ± 0.04	0.283 ± 0.014
SERG	44	35.2 ± 0.6	1.75 ± 0.02	0.257 ± 0.007

5. Дүгнэлт

Дорнод Монголын хойд хэсэгт ажилласан газар хөдлөлт бүртгэх нүүдлийн КHAV болон SERG станцуудын доор тус бүр 33.1 ± 0.9 км болон 35.2 ± 0.6 км гэж тодорхойлогдсон харьцангуй нимгэвтэр царцдасын зузаан нь тус бүс нутагт ажиллаж байгаа газар хөдлөлт бүртгэх байнгын DABM болон DOM31 станцуудын доор тодорхойлогдсон царцдасын зузааны 35.9 км болон 36.8 км гэ-

сэн утгуудтай ойролцоо байна. КHAV станцын доорх 33.1 ± 0.9 км зузаантай царцдас нь одоогийн байдлаар Монгол орны нутаг дэвсгэрт тодорхойлогдсон хамгийн нимгэн царцдас болж байна. SERG станцын доорх царцдасын сейсмик хурдны Vp/Vs харьцаа 1.75 ± 0.02 нь Монгол орны газар хөдлөлийн судалгаанд хэрэглэгддэг $Vp/Vs = 1.73$ -тай (Baljinyam et al., 1975) ойролцоо байна. Харин КHAV станцын доорх царцдасын сейсмик хурдны Vp/Vs харьцаа нь харьцангуй өндөр буюу 1.82 ± 0.04 байна.



Зураг 5. Холын газар хөдлөлтийн хүлээн авагчийн функцийн H-k stacking инверсийн үр дүн.

6. Хэлэлцүүлэг

Техникийн болон бусад шалтгаануудын улмаас тус станцуудын мэдээлэл тасралт ихтэй, шуугиа өндөртэй байлаа. Ийм шалтгааны улмаас тус станцуудын 2024 оны 08 сараас 2025 оны 10 сар хүртэлх 14 сарын хугацаан дахь мэдээллээс энэ судалгаанд хэрэглэж болох маш цөөн тооны холын газар хөдлөлтийн хүлээн авагчийн функц бодогдлоо. Иймд цаашид газар хөдлөлт бүртгэх нүүдлийн станцуудыг аль болох сейсмик шуугиа багатай газар суурилуулж байхыг эрмэлзэх хэрэгтэй байна.

SERG станцын хувьд судалгаанд хэрэглэгдсэн ажиглагдсан хүлээн авагчийн функцийн тоо 44 байгаа ч мэдээллийн чанар сайн тул тодорхойлогдсон царцдасын зузаан болон бусад параметруудийг эцсийн үр дүн гэж авч үзэж болно. Харин KHAV станцын хувьд судалгаанд хэрэглэж болох ажиглагдсан хүлээн авагчийн функцийн тоо нь 18 байгаа нь статистикийн үүднээс хангалтгүй хэдий ч ажиглагдсан тангенциал хүлээн авагчийн функцүүдийн далайц бага байгаа учраас гарсан үр дүнг судалгаанд хэрэглэх бололцоотой гэж үзэж байна.

Царцдасын Пуассоны харьцаа ерөнхийдөө 0.18-0.38 хооронд байдаг бөгөөд чулуулгийн цахиурын ислийн агууламжаас хамаарч царцдасын найрлага хүчиллэг, дундлаг, суурилаг болохыг илэрхийлдэг (Zandt & Ammon, 1995) байна. Энэ судалгааны үр

дүнгээс үзэхэд SERG станцын доорх царцдасыг бүрдүүлэгч чулуулаг хүчиллэг найрлагатай болохыг үзүүлж байна. Харин KHAV станцын хувьд судалгаанд хэрэглэсэн хүлээн авагчийн функцийн тоо цөөн хэдий ч тодорхойлогдсон Пуассоны харьцаагаар царцдасын найрлагыг нь дундлаг гэж урьдчилан тодорхойлж болох юм.

Монгол орны хэмжээнд царцдас дахь сейсмик хурдны Vp/Vs харьцаа 1.68-1.92 хооронд хэлбэлзэж, дундаж утга нь 1.74 байна гэж үзжээ (Tsagaan et al., 2024). KHAV станцын доорх царцдасын сейсмик хурдны Vp/Vs харьцаа нь эх газрын царцдас дахь сейсмик хурдны дундаж Vp/Vs харьцаанаас өндөр байгаа нь магадгүй царцдасд S-хөндлөн долгионы хурд бага байгаатай, эсвэл тус станцын доорх зузаан сэвсгэр хурдастай холбоотой байж болох юм.

Талархал

Энэ судалгааны ажлыг Одон орон, геофизикийн хүрээлэнгийн батлагдсан суурь судалгааны үндсэн чиглэлийн хүрээнд хийсэн болно. Тус судалгааг санхүүжүүлсэн Одон орон, геофизикийн хүрээлэнд талархаж байна. Мөн газар хөдлөлт бүртгэх нүүдлийн станцуудыг суурилуулах, мэдээлэл авах, засварлах, буулгах ажлуудыг хийсэн ООГХ-ийн Газар хөдлөл судлалын салбарын Техник технологийн лабораторийн эрдэм шинжилгээний ажилтнуудад талархал илэрхийлье.

Ашигласан номзүй (References)

- Ammon, C. J., Randall, G. E., & Zandt, G., 1990. On the non-uniqueness of receiver function inversions, *Journal of Geophysical Research*, **95**(B10), 15303–15318.
- Baljinnyam, I. & Khilko, S., 1990. National atlas.
- Baljinnyam, I., Munkhoo, D., Tsembel, B., Dugarmaa, T., Adiya, M., & Bayar, G., 1975. *Seismology of Mongolia*, Mongolian Academy of Sciences, Institute of Physics and Technology, Ulaanbaatar.
- Efron, B. & Tibshirani, R., 1986. Bootstrap methods for standard errors, confidence intervals, and other measures of statistical accuracy, *Statistical Science*, <https://doi.org/10.1214/ss/1177013815>.
- Langston, C. A., 1979. Structure under mount rainier, washington, inferred from teleseismic body waves, *Journal of Geophysical Research*, **84**(B9), 4749–4762, <https://doi.org/10.1029/JB084iB09p04749>.
- Laske, G., Masters, G., Ma, Z., & Pasyanos, M., 2013. Update on crust1.0 - a 1-degree global model of earth's crust, in *EGU*, p. 2658.
- Ligorra, J. P. & Ammon, C. J., 1999. Iterative deconvolution and receiver-function estimation, *Bulletin of the Seismological Society of America*, **89**(5), 1395–1400.
- Porritt, W. R. & Miller, S. M., 2018. Updates to funclab, a matlab based gui for handling receiver functions, *Computers & Geosciences*, **111**, 260–271, <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2017.11.022>.
- Tsagaan, B., Chimed, O., Tsermaa, B., & Khukhuudei, U., 2024. The crustal thickness and vp/vs ratio in mongolia, *Geodynamics & Tectonophysics*, **15**(4), <https://doi.org/10.5800/GT-2024-15-4-0771>.
- Zandt, G. & Ammon, C. J., 1995. Continental crust composition constrained by measurements of crustal poisson's ratio, *Nature*, **374**, 152–154, <https://doi.org/10.1038/374152a0>.
- Zhu, L. & Kanamori, H., 2000. Moho depth variation in southern california from teleseismic receiver functions, *Journal of Geophysical Research*, **105**(B2), 2969–2980, <https://doi.org/10.1029/1999JB900322>.