

Релейн долгионы дисперсийн анализ

Б.Жавзандолгор¹, Жу Бон Гон²

¹ МУИС, ШУС, БУС, Геологи, Геофизикийн тэнхим

² Chonbuk National University, Department of Earth and Environmental Sciences

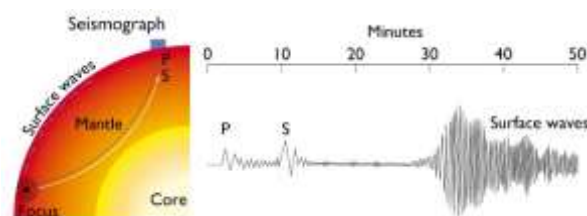
Энэхүү өгүүлээр Солонгосын хойг болон түүний ойр орчмын газар нутгууд болох Шар тэнгис, Япон тэнгисийн царцдас болон маантийн дээд хэсгийн хөндлөн долгионы хурдны 3 хэмжээст загварыг Релейн долгионы үндсэн давтамжийн дисперсийн анализаар тодорхойлох зорилго бүхий судалгааны ажлын анхдагч боловсруулалтын хэсгийг авч үзсэн болно. Солонгосын хойг болон түүний зэргэлдээх газар нутгуудын Релейн долгионы үндсэн давтамжийн группийн хурдыг 5-180 сек. үеийн утгуудад гаргаж авсан.

ОРШИЛ

Телесеismic болон региональ зайд тархаж буй гадаргуугийн долгионы өгөгдлийн анализ нь газар хөдлөлтийн үүсгүүрийн параметрууд, дэлхийн дотоод бүтцийн талаарх мэдээллийг глобал болон региональ түвшинд гаргаж өгдөг. Ялангуяа телесеismic зайд бүртгэгдэж байгаа гадаргуугийн долгионууд нь үүсгүүр болон станц хоёрын хоорондох зам дагуух дэлхийн гүний бүтэц болон газар хөдлөлтийн үүсгүүрийг тодорхойлох үзүүлэлтүүдийн талаарх мэдээллийг агуулж байдаг.

Сейсмограм дээр бүртгэгдэж байгаа хамгийн өндөр далайц бүхий багц долгионуудыг гадаргуугийн долгион гэх бөгөөд хамгийн сүйтгэгч чанартай долгион байдаг (Зураг 1).

Харьцангуй урт үе бүхий эдгээр долгионууд нь маанти болон царцдасын үе давхаргуудын геометр болон физикийн үзүүлэлтүүдийн тодорхойлолтод чухал үүрэг гүйцэтгэдэг ба газар хөдлөлтөөс үүсэж буй сейсмийн долгионоор зөөгдөж буй энергийн ихэнхийг дамжуулдаг бөгөөд дэлхийн царцдас болон маантийн уян харимхай болон уян харимхай бус шинж чанарын талаарх гол мэдээллүүдийг агуулж байдаг.

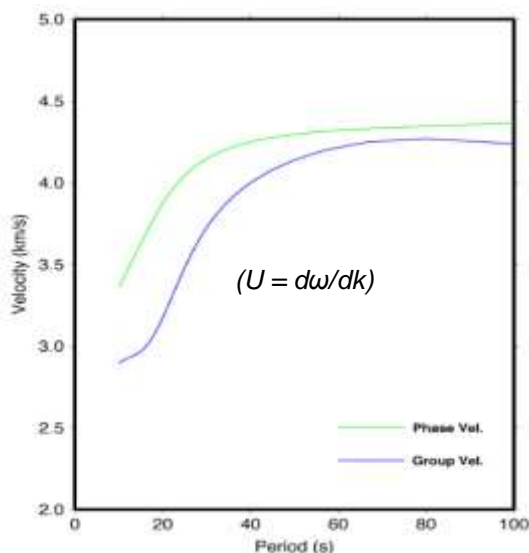


Зураг 1. Газар хөдлөлтийн долгион сейсмограмд бичигдэх байдал

Релейн ба Лява долгион гэсэн 2 төрлийн гадаргуугийн долгион дэлхийн гадаргуу орчмоор тархдаг. Релейн долгион нь P болон SV долгионуудын хослол байдаг бөгөөд тархалтын хавтгайд перпендикуляр чиглэлд туйлширч P болон SV долгионуудын фазын шилжилтийн улмаас гадаргуу дээрх эгэл хэсгийн хөдөлгөөнийг эллипс болон ухрах хөдөлгөөнд оруулж байдаг. Гадаргуугийн долгионы нэг чухал онцлог чанар бол хэвтээ чиглэлд тархах хурд нь давтамжаас хамаарах буюу дисперсийн үзэгдлийг бий болгодогт оршино. Гадаргуугийн долгионы тархалтын хурд нь үе T эсвэл давтамж ω -аас хамаарсан дисперсийн муруйгаар илэрхийлэгддэг. Энэ тохиолдолд тархалтын хурд нь группийн хурд U -аар тодорхойлогдоно. Гадаргуугийн долгион мөн фазын хурдаар тархдаг. Бидний судалгааны хувьд группийн хурд илүү ач холбогдолтой юм. Группийн хурд нь үеэс хамаарч буурч эсвэл өсөж болдог байхад фазын хурд нь монотон байдлаар өсдөг (Зураг 2).

I. СУДАЛГААНЫ ТАЛБАЙН ТЕКТНИК БҮТЭЦ

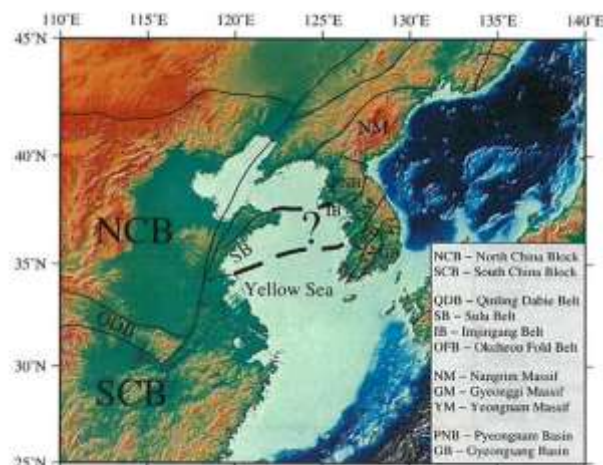
Солонгосын хойгийн тектоник бүтцийн талаар ярихад зэргэлдээ орших Хятад, Японы тектоник бүтэцтэй хамтатган том талбайн хэмжээнд авч үзэх хэрэгтэй болдог. Хойгийг бүрдүүлж байгаа тектоник блокууд хэзээ, хэрхэн хэлбэржиж өнөөгийн байрлалд хүрч ирсэн бэ? гэдэг асуудал



Зураг 2. Фазын хурд болон группын хурд

удаан хугацааны туршид байсаар байна. Сүүлийн жилүүдэд зарим судлаачид Имгинганг бүслүүр болон Окчон атираат бүслүүр нь Хойд Хятадын блок болон Өмнөд Хятадын блокийн хоорондын мөргөлдөөний үед үүссэн бүслүүр байж болох юм гэсэн таамаглалыг зарим геологийн болон петрографийн баримт дээр үндэслэн гаргасан байна [1].

Хойг Нангрим, Кёнги, Ённам гэсэн Кембрийн өмнөх настай гурван гол массиваас тогтоно. Нангрим болон Кёнги массивууд нь Имганганг бүслүүрээр тусгаарлагдсан нарийхан тектоникийн заадас бөгөөд Хожуу Перм-Эрт Триасийн үед өндөр зэрэглэлийн метаморф үйл явцын үед үүссэн. Кёнги болон Ённам массивууд нь Окчон бүслүүрээр тусгаарлагдана (Зураг 3).



Зураг 3. Солонгосын хойг болон түүний зэргэлдээх газар нутгийн тектоник бүтэц (Chough et al., 2000).

Солонгосын хойг болон түүний зэргэлдээх газар нутгуудын царцдас болон маангийн дээд үе давхаргын хөндлөн долгионы бүтцийг релейн долгионы дисперсээр тодорхойлох судалгааг тэсэлгээ буюу зохиомол чичирхийллээр үүсэх 0.2-1.2 секунд богино үетэй долгион болон 5-180 секунд урт үетэй холын хөдлөлтийн буюу телесейсмик хөдлөлтийн долгионуудыг ашиглан хийж маш бага гүний, дунд зэрэг гүний, их гүний царцдас давхарга болон дээд маантид тархах хөндлөн долгионы хурдны бүтцийг гарган авсан байдаг [2,3].

II. ӨГӨГДӨЛ БОЛОН ТҮҮНИЙ БОЛОВСРУУЛАЛТ

Зөвхөн өргөн зурвасын дунд үетэй 20 тоо/сек -д тасралтгүй бичигдсэн өгөгдлүүдийг энэ судалгааны ажилд сонгосон. Хүснэгт 1-д судалгаанд ашиглагдсан хөдлөлтийн ерөнхий мэдээллүүдийг үзүүлээ. Хөдлөлтийн голомтын гүн нь 100 км-ээс бага гүнд болсон хөдлөлтүүдийг сонгож авсан. Учир нь телесейсмик хөдлөлтийн хувьд гипоцентрийн гүн их байвал гадаргуугийн долгионоор зөөгдөж байгаа энерги станц дээр суларч ирдэг.

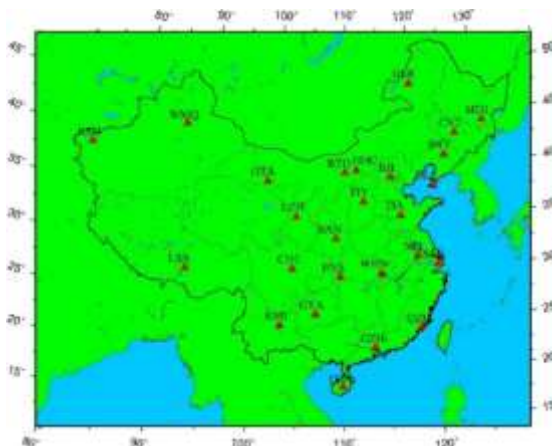
Хүснэгт 1. Хөдлөлтийн ерөнхий мэдээллүүд

Хөдлөлтийн тоо	220
Хөдлөлтийн хугацааны интервал	[1996.01.01 - 2011.10.01]
Хөдлөлтийн магнитуд	6 болон түүнээс дээш
Гипоцентрийн гүн	100км болон түүнээс бага (Нийт хөдлөлтийн 50-иас илүү хувь нь 50км-ээс бага)
Хөдлөлтийн эпицентруудийн байршил	Японы арлууд, Тайвань, Шичуань, Сахалиний арал, Оросын зүүн өмнөд эрэг гэх мэт
Судалгааны талбайн байршил	Өргөрөг = 25 ⁰ -50 ⁰ Уртраг 115 ⁰ -145 ⁰

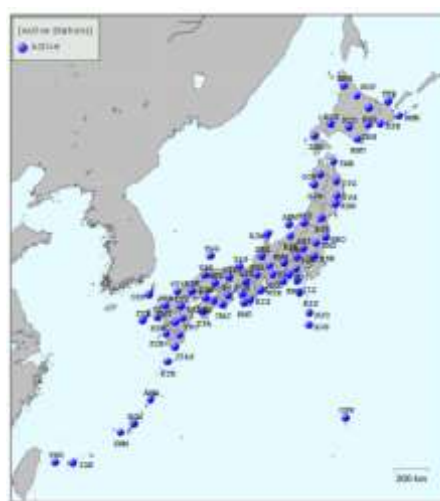
Өргөн зурвасын станцууд дээр бүртгэгдсэн өгөгдлийг Солонгосын дотоодын станцуудын хувьд *KMA-18 станц* (Зураг 4), Хятадын олон улсын сүлжээ станцуудын хувьд *IRIS-IC-NCD-17 станц* (Зураг 5), Японы улсын буюу дотоодын станцуудын хувьд *F-net-85 станц* (Зураг 6) зэрэг эх сурвалжуудаас цуглуулав. Хөдлөлтийг сонгохдоо 6 болон түүнээс дээш магнитудтай, аль болох судалгааны талбайд ойр байх хөдлөлтүүдийг сонгож группийн хурдны тооцооллыг хийлээ. Нийт 220 хөдлөлтийн 80 гаруй станц дээрх 3000 гаруй өгөгдөлд боловсруулалт буюу дисперсийн анализ хийж группийн хурдны утгыг гаргаж авч эдгээрээс дараагийн шатны боловсруулалтад тавигдах шаардлагыг хангах 800-900 тооны группийн хурдны өгөгдлийг түүж авсан.



Зураг 4. KMA: 18 өргөн зурвасын станц (<http://web.kma.go.kr>)



Зураг 5. IRIS-IC-NCD: 17 өргөн зурвасын станц (<http://ds.iris.edu/mda>)



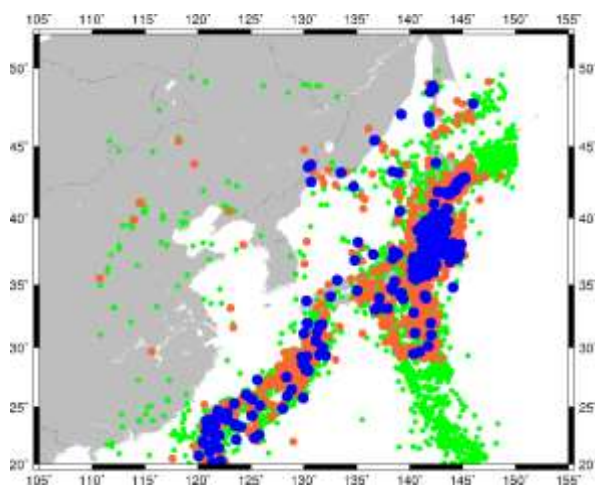
Зураг 6. F-Net: 85 өргөн зурвасын станц (www.fnet.bosai.go.jp/)

Сонгож авсан 220 хөдлөлтийн байрлал, магнитуд, эхлэл цаг, гүний талаарх мэдээллийг жишээ болгон цөөн хэдэн хөдлөлтөөр Хүснэгт 2-д харуулж байрлалыг Зураг 7-д үзүүлэв. Станцуудад бүртгэгдсэн анхдагч өгөгдлүүд дисперсийн муруйг тооцоолж гаргах боловсруулалтын шаардлага хангах эсэхийг сейсмограм тус бүрд нь спектр анализ хийх, үелсэн шүүлтүүр тавих зэрэг шалгууруудаар тогтоосон. Энэ шаардлагыг хангах нийтдээ 3000 гаруй сейсмограмын босоо байгуулагчийн (Релейн долгион) цацрагийн замыг Зураг 8-д дүрслэн харууллаа. Эндээс харахад судалгааны талбайг бүрхэж байгаа цацрагийн замын нягтаршил нь хангалттай их байна.

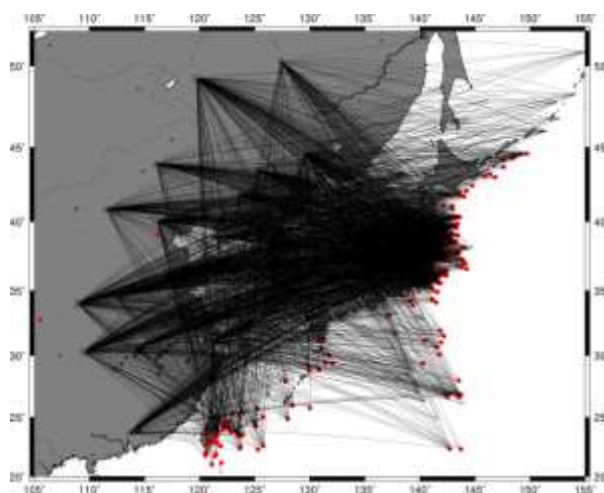
Хүснэгт 2. Судалгаанд сонгогдсон хөдлөлтүүдийн байрлал,

	Хөдлөлтийн нэр	Маг	Эхлэл цаг	Өргөрөг, (°)	Уртраг, (°)	Гүн, км
1	OFF EAST COAST OF HONSHU, JAPAN	6.6	1996/02/16 15:22:57.8	37.34	142.47	33.00
2	TAIWAN REGION	6.3	1996/03/05 14:52:28	24.09	122.22	29.50
3	KURIL ISLANDS	6.2	1996/05/07 23:20:00.6	43.71	147.61	53.90
4	TAIWAN REGION	6.8	1996/09/05 23:42:06	21.90	121.50	20.00
5	NEAR EAST COAST OF HONSHU, JAPAN	6.2	1996/09/11 02:37:14	35.54	140.94	55.00
6	BONIN ISLANDS REGION	6.6	1996/11/06 20:00:58	28.00	143.54	9.00
7	OFF EAST COAST OF HONSHU, JAPAN	6.1	1996/11/20 02:27:47	34.35	141.13	33.00
8	RYUKYU ISLANDS	6.3	1997/01/17 15:53:13	28.81	129.95	33.00
9	HOKKAIDO, JAPAN REGION	6.0	1997/02/20 07:54:58	41.86	142.74	33.00
10	KYUSHU, JAPAN	6.1	1997/03/26 08:31:47	31.92	130.43	10.00
11	KYUSHU, JAPAN	6.1	1997/05/13 05:38:30	31.82	130.28	33.00
12	KURIL ISLANDS	6.1	1997/07/14 16:09:35	43.25	146.38	33.00
13	SOUTHWESTERN RYUKYU ISLANDS	6.1	1997/08/13 04:45:04	25.03	125.77	55.00
14	SOUTH OF HONSHU, JAPAN	6.0	1997/09/30 06:27:24	31.96	141.88	10.00
15	SOUTH OF HONSHU, JAPAN	6.1	1997/11/10 23:06:44	31.19	140.49	86.00
16	SOUTHEAST OF TAIWAN	7.5	1998/05/03 23:30:21	22.31	125.31	33.00

хөдлөлтүүдийн бичлэгийн жишээ болгож 2011 оны 4 сарын 7-нд Японы Хоншу аралд болсон магнитуд 7.4-тэй газар хөдлөлтийг харуулав.

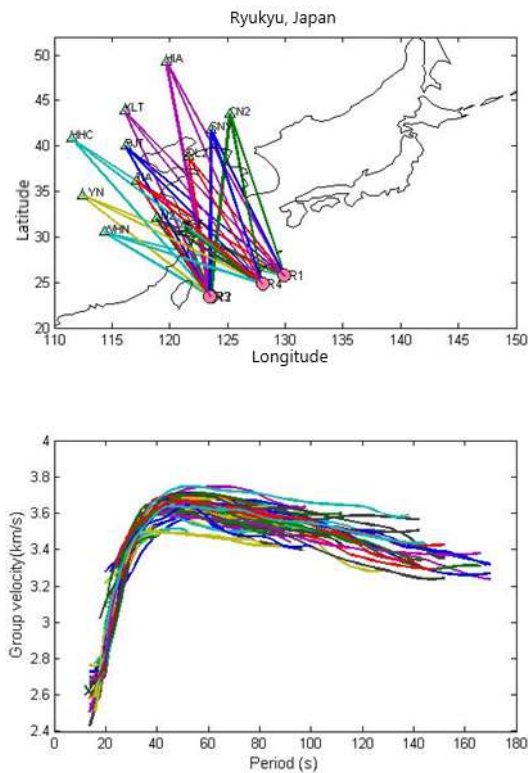


● 4-5 маг ● 5-6 маг ● 6 -аас их магнитудтай
 Зураг 7. Хөдлөлийн эпицентруудийн байршил



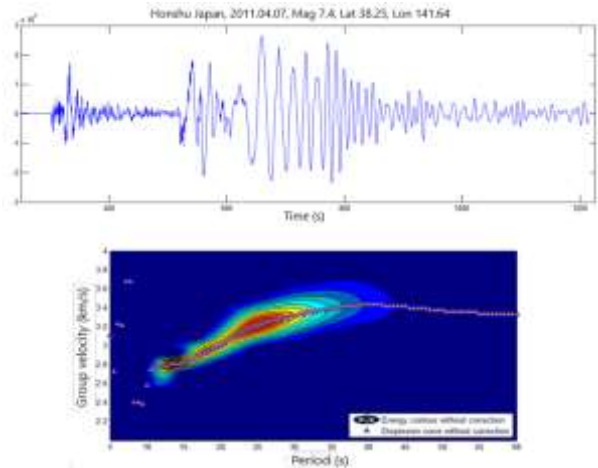
Зураг 8. Судалгааны ажилд сонгосон 220 хөдлөлийг 120 станцтай холбосон Релейн долгионы цацрагийн замууд. Бөөрөнхий - хөдлөлийн голомтууд, гурвалжин - станцууд.

Эдгээр хоёрдогч шатны боловсруулалтын шаардлага хангах сейсмограмуудыг



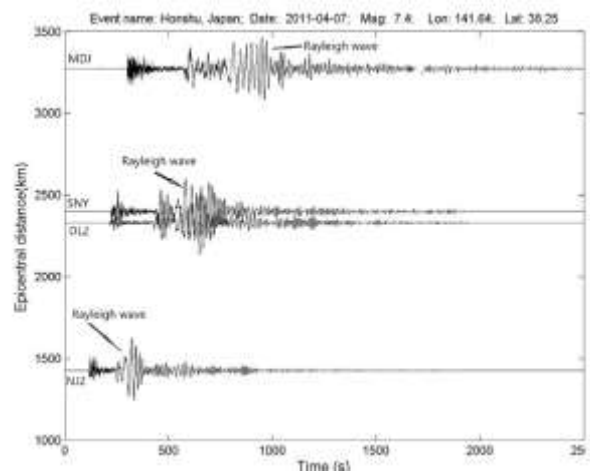
Зураг 9. Судалгаанд тавигдах шаардлага хангасан сейсмограмуудын ерөнхий төрх

А.М.Звонскийн олон шүүлтүүрийн анализын [6] аргыг ашиглан дисперсийн анализ хийн группийн хурдыг гарган авсан. Энэхүү арга нь олон дахин дисперслэгдсэн дохионд боловсруулалт, дүн шинжилгээ хийхэд хурдан бөгөөд үр дүнтэй арга юм (Зураг 10). Анхдагч боловсруулалтын үр дүнд гарган авсан эдгээр муруйнуудыг синтетик буюу онолын сейсмограмтай [7] харьцуулан ажиглалт болон онолын загвар давхцаж байгааг шалгасан.



Зураг 10. Зургийн дээд хэсэг - станц дээр бүртгэгдсэн Релейн долгион буюу сейсмограмын босоо байгуулагч. Доод хэсэг - олон шүүлтүүрийн анализын аргыг ашиглан гарган авсан дисперсийн муруй.

Энэ нь цаашдын боловсруулалт буюу хөндлөн долгионы хурдны бүтцийг гаргах инверсийн болон гадаргуугийн долгионы томографи хийх дараагийн боловсруулалтын үе шатны чанар болон шаардлагыг бүрэн хангасан өгөгдөл болж байгааг баталсан юм. Боловсруулалтын явцад шаардлага хангасан 800-900 дисперсийн муруйг гарган авсан. Эдгээр дисперсийн муруйнуудаас төлөөлөл болгон газар хөдлөлтийн идэвхитэй голомтуудын нэг болох Японы Рьюку арлуудад болсон 4 хөдлөлтийг сонгож эдгээр хөдлөлтөөс Хятадын зүүн эрэг орчмоор байрлах станцуудад бүртгэгдсэн Релейн долгионы дисперсийн муруйнуудыг авч үзлээ (Зураг 11).



Зураг 11. Сонгосон 4 хөдлөлөөс сонгосон 12 станцын хооронд тархаж буй Релейн долгионы дисперсийн муруйнууд

Гарган авсан дисперсийн муруйнуудаас харахад группийн хурдны хамгийн их утга 40-50 секундйн завсарт харгалзаж байгаа нь энэ бүс нутагт хийсэн бусад судалгааны үр дүнтэй таарч байна [2,3]. Мөн бүх дисперсийн муруйн төрх Зураг 2-т үзүүлсэн группийн хурдны онолын хэлбэр төрхтэй тохирч байгаа нь цаашдын боловсруулалт буюу хөндлөн долгионы хурдны бүтцийг гаргах инверсийн болон гадаргуугийн долгионы томографи хийх дараагийн боловсруулалтын үе шатны чанар болон шаардлагыг бүрэн хангасан өгөгдөл болж байна гэсэн чанарын үнэлгээг хийж байна.

Ш.ҮР ДҮН

Холын газар хөдлөлтөөр үүсгэгдсэн урт үетэй (5-180 сек) Релейн долгионы дисперсийн анализийн үр дүнгээс харахад гаргаж авсан группын хурдны утга 2.4-3.8 км/с хооронд хэлбэлзэж байгаа нь харьцангуй өргөн завсарт өөрчлөгдөж байгааг харуулж байна. Мөн хөдлөлтөөс станцууд хүртэлх Релейн долгионы цацаргийн замууд нь судалгааны талбайг хангалттай бүрхэж байна. Эдгээр нь тус талбайд тархаж буй хөндлөн долгионы хурдны 3 хэмжээст бүтцийг гаргах инверсийн боловсруулалтын шаардлагыг бүрэн хангасан мэдээллүүд болж байгаа юм.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Chough, S.K., Kwon, S.T., Ree, J.H, Choi, D.K., 2000. Tectonic and sedimentary evolution of the Korean Peninsula: a review and new view. *Earth-Science Reviews* 52, 175-235.
- [2] Chang, S.J., Baag, C.E., 2006. Crustal structure in Southern Korea from Joint Analysis of regional broadband waveforms and travel times. *Bull. Seismol. Soc. Am.*96,
- [3] Cho, K.H., Herrmann, R.B., Ammon, C.J., Lee, K., 2007. Imaging the upper crust of the Korean Peninsula by surface-wave tomography. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 97, B, 198-207, doi: 10.1785/0120060096.
- [4] Goldstein, P., 1998. SAC User's Manual, Laurence Livermore National Lab. University of California.
- [5] Dziewonski, A. M., S. Bloch, and M. Landisman, 1969. A technique for the analysis of transient seismic signals, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 59, 427 - 444, 1969.
- [6] Herrmann, R.B., Ammon, C.J., 2002. Computer programs in seismology-3.30: overview, structure (last accessed October 2009).

