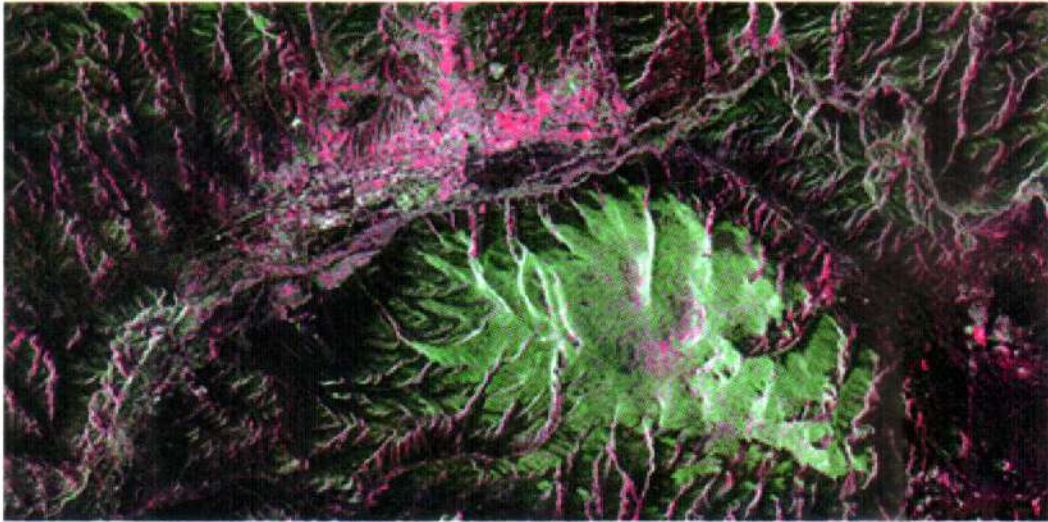
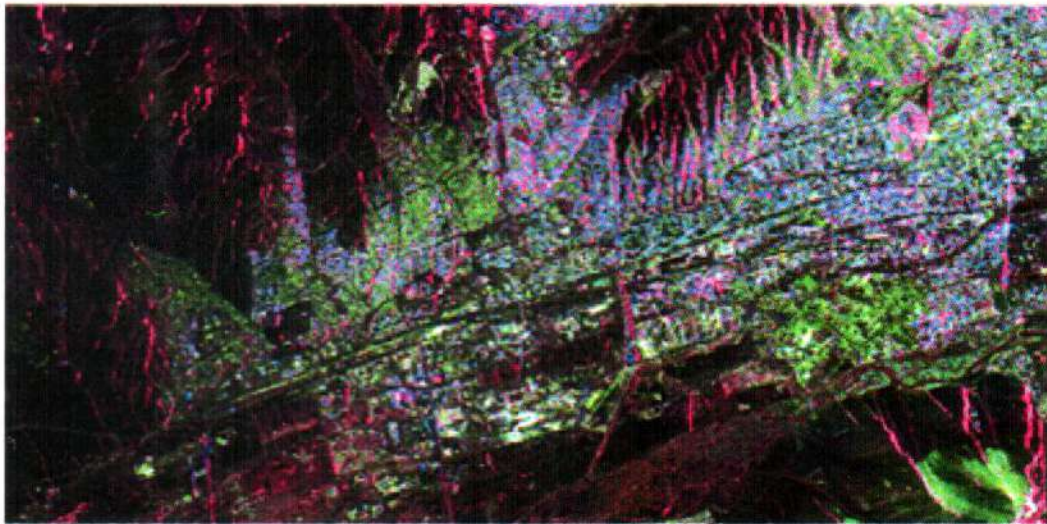


**Д.АМАРСАЙХАН
М.ГАНЗОРИГ**



**РАДАРЫН ТАНДАН СУДЛАЛ,
РАДАРЫН МЭДЭЭНД ДҮН
ШИНЖИЛГЭЭ ХИЙХ ЗАРЧМУУД**



**УЛААНБААТАР ХОТ
2013 ОН**

Д.АМАРСАЙХАН, М.ГАНЗОРИГ

**РАДАРЫН ТАНДАН СУДЛАЛ,
РАДАРЫН МЭДЭЭНД ДҮН
ШИНЖИЛГЭЭ ХИЙХ ЗАРЧМУУД**

РЕДАКТОР: Д.АМАРСАЙХАН

**УЛААНБААТАР ХОТ
2013 ОН**

Юуны өмнө энэхүү номны дизайн болон техникийн бүх л ажилд оролцсон Г.Болор, А.Энхманлай, А.Тулга нарт гүн талархал илэрхийлье. Энэхүү номонд орсон зарим материалуудаар хангасан, номыг бичиж дуусгахад бүхий л дэмжлэг үзүүлсэн бусад хүмүүст талархал илэрхийлье.

Зохиогчид:

Д.Амарсайхан, Утас: 453660, 450430, E-mail: amar64@arvis.ac.mn

М.Ганзориг, Утас: 458090, 450430, E-mail: ganzorig@arvis.ac.mn

Техник редактор:

Г.Болор, Утас: 99160632

Энэхүү номыг зайнаас тандах судлал, радарын мэдээний боловсруулалт, газарзүйн мэдээллийн системтэй харьцдаг мэргэжилтнүүд, судлаачид, их, дээд сургуулийн багш, оюутнууд болон оронзайн мэдээг ашигладаг нийт хэрэглэгчид ашиглаж болно.

Зохиогчдын зөвшөөрөлгүйгээр хувилах, дахин хэвлэхийг хориглоно.

ГАРЧИГ

Өмнөх үг.

4

1. Радарын Тандан Судалгааны Үндсэн Зарчим

6

Цахилгаан соронзон долгионы шинж чанар.	8
Радарын долгионы сарнилууд.	10
Радарын долгионы нэвтрэх чадвар	12
Доплерын эффект	13
Радарын зурган дээр үүсэх гажилтууд.	13
Радарын Дагуулууд БолонТөхөөрөмжүүд.	18
Радарын системийн онцлог.	18
ERS ба ENVISAT дагуулууд	18
JERS-1 ба ALOS дагуулууд	19
RADARSAT дагуул.	20
TerraSAR дагуул.	21

2. Радарын Зургийг Боловсруулах Аргачлал

22

Радарын зургийн онцлог.	22
Радарын Зургийн Толбыг Багасгахад	
Хэрэглэгддэг Шүүлтүүрүүд	23
Ли болон сигма шүүлтүүрүүд.	23
Локал мужийн шүүлтүүр.	24
Гамма-мап шүүлтүүр.	26
Фрост шүүлтүүр.	26
Куан шүүлтүүр.	27
Текстурыг Тодотгох Шүүлтүүрүүд.	29
Евклидийн зайн шүүлтүүр.	29
Дисперсийн шүүлтүүр.	29
Скюнэс болон куртозис шүүлтүүрүүд.	30
Радарын Зургийн Тайлал.	31
Радарын зурагт тайлал хийхэд харгалзан үзэх онцлог шинжүүд	32

3. Полариметрийн болон Интерферометрийн SAR

35

Задаргааны аргууд.	39
Pi-SAR систем	44
AIRSAR систем.	45
Полариметрийн Мэдээг Боловсруулах Аргачлал.	46
Полариметрийн SAR-ын мэдээнд сарнилын тайлал хийх нь.	46
Полариметрийн SAR-ын мэдээг ангилах нь.	50

4. Радарын Зургийн Геометрийн Засал

52

Геометрийн засал.	59
Ойрхи хөршийн арга.	60
Хос шугаман арга.	61
Кубик конволюцын арга.	61

5. Спектр Тодролыг Сайжруулах Аргууд	63
Гистограммыг сунгах арга.	.63
Гистограммыгтэгшитгэх.	.67
Нийлбэрийн ба векторын нормчиллол.	.69
Өнгө тодотгох арга.	.70
Зургийн эсрэг тодруулалт	.72
Бүлэг түвшингийн тодруулалт	.73
Гол компонентийн шинжилгээ.	.74
6. Радарын Зургийн Оронзайн Сайжруулалт	77
Дундаж шүүлтүүр.	.77
Медианшүүлтүүр	.79
Роберт, Собель нарын операторууд.	.80
Лапласын оператор.	.83
Эрэмбэ, зэрэглэлийн шүүлтүүр.	.85
Морфологийн үйлдлүүд.	.85
7. Ангиллын Аргууд	89
Хамгийн их төсөөтэйн ангиллын арга.	.90
Изодата ангиллын арга.	.92
Параллелопипедийн ангилал.	.93
Хамгийн бага зайн ангилал	.94
Махаланобисын зайн арга	.95
Контекстийн ангилал	.95
Энтропи дээр тулгуурласан ангиллын арга	.95
Вишертийн ангиллын арга.	.98
8. Радарын Мэдээг Судалгаанд Хэрэглэсэн Дүнгүүд	102
Жишээ 1а -SAR-ынба Оптикийн Мэдээг Хотын Судалгаа болон Гадаргын Ангилалд Ашиглах нь (Монгол хувилбар)	.102
Жишээ1б (Жишээ 1а-ийн англи хувилбар) - Applications of SAR and Optical Images for Urban Study and Land Cover Classification.	.112
Жишээ2а -Нэг Туйлшралаар Хүлээн Авсан SAR-ын Мэдээг Боловсруулах Аргачлал	.121
Жишээ 2б (Жишээ 2а-ын англи хувилбар)- Processing and Analysis of Single Polarisation SAR images.	.132
Жишээ 3 (англи хэл дээр)- Comparison of Multisource Image Fusion Methods and Land Cover Classification.	.143
Ашигласан бүтээлүүд.	.159

Зохлогчдын товч намтар



Д.Амарсайхан

ШУА-ийн Информатикийн хүрээлэнгийн Геоинформатикийн лабораторийн эрхлэгч, Монгол улсын ШУА-ийн гишүүн, академич Дамдинсүрэнгийн Амарсайхан нь газар ашиглалт, байгалийн нөөцийн үнэлгээ болон байгаль орчны менежментэд агаар-сансрын мэдээг ашиглах, оронзайн мэдээллийн системийн төрөл бүрийн загвар зохиох болон системийг байгуулах, тандан судлахуйн мэдээний сэдэвчилсэн үр дүнгээр газарзүйн мэдээллийн системийн зарим давхаргуудыг баяжуулан шинэчлэх, геоинформатикт мэдлэгт тулгуурласан аргыг хэрэглэх, байгаль судлалд полариметрийн ба интерферометрийн синтетик апертуртай радарын болон хайпер-спектрийн мэдээг ашиглах аргачлал боловсруулах, олон эх сурвалжийн мэдээг нэгтгэн төрөл бүрийн оронзай, цаг хугацааны дүн шинжилгээ хийх чиглэлээр ажилладаг.

Д.Амарсайхан нь 1987 онд Тбилисийн Их Сургууль, 1992 онд Нидерланд улсын Геомэдээллийн Ухааны Олон Улсын Институтийг тус тус дүүргэн, 1996 онд техникийн ухааны докторын зэрэг хамгаалж, улмаар 2006 онд шинжлэх ухааны докторын зэрэг хамгаалсан. Тэрээр Монгол Улсын Эрдэм Шинжилгээний шилдэг бүтээлийн болон Олон Улсын Фотограмметр, Тандан Судалгааны Нийгэмлэгийн шилдэг бүтээлийн шагналтай.



М.Ганзориг

ШУА-ийн Информатикийн Хүрээлэнгийн захирал, доктор, профессор, Монгол улсын хөдөлмөрийн баатар, Майдаржавын Ганзориг нь монгол хүн сансарт ниссэн цагаас эхлэн зайнаас тандсан мэдээллээр байгалийн биетийн төлөвийг үнэлэх чиглэлээр ажиллаж эхэлсэн бөгөөд энэ хугацаанд тандан судлахуйн мэдээг боловсруулах, дүн шинжилгээ хийх онол, аргазүйн олон асуудлыг шийдсэн юм. Тэрээр олон жилийн турш газарзүйн мэдээллийн систем байгуулах, зайнаас тандсан мэдээг боловсруулах, олон эх сурвалжийн мэдээг нэгтгэн төрөл бүрийн анализ хийх чиглэлээр ажиллаж ирсэн бөгөөд сүүлийн жилүүдэд байгаль судлалд синтетик апертуртай радарын мэдээг ашиглах, оптик мужийн болон радарын тандан судалгааны мэдээг нэгтгэх онол, аргазүйн аргачлал боловсруулах чиглэлээр ажиллаж байна.

М.Ганзориг нь 1975 онд Киевийн Техникийн Их Сургууль, 1981 онд Гагарины нэрэмжит Сансрын Нисэгчдийг Бэлтгэх Дээд Курсийг тус тус дүүргэж, улмаар 1984 онд Москвагийн Сансар Судлалын Институтэд техникийн ухааны докторын зэрэг хамгаалсан. Тэрээр 1996 онд АНУ-ын Газарзүйн Нийгэмлэгээс дэлхийн шилдэг эрдэмтэнд олгодог О.Миллерийн медалиар шагнагджээ.

AUTHORS:

Academician D. Amarsaikhan, Head of Geoinformatics Department, Institute of Informatics, Mongolian Academy of Sciences

Professor Dr. M. Ganzorig, Director of Institute of Informatics, Mongolian Academy of Sciences

PRINCIPLES OF MICROWAVE REMOTE SENSING AND RADAR IMAGE ANALYSIS

SUMMARY

This is the first advanced book ever to be written in the Mongolian language on the subject of microwave remote sensing (RS) and synthetic aperture radar (SAR) image processing. The book is intended to help the users of radar RS and other geospatial information to understand the principles and applications of microwave RS for different studies.

The book contains the following chapters and topics:

Chapter 1: Principles of Microwave RS

This chapter describes the basic principles of microwave RS, characteristics of SAR systems, backscattering properties of different features, geometric distortions on radar images, including radar layover, foreshortening and shadows, penetrating capabilities of radar waves, and characteristics of some radar platforms and sensors.

Chapter 2: Basic Processing of Radar Images

This chapter reviews the characteristics of SAR data, speckle suppression of radar images and filters used for the speckle reduction, texture enhancement of radar images and filters used for the enhancement, and interpretation of radar images.

Chapter 3: Polarimetric and Interferometric SAR

This chapter highlights the characteristics of polarimetric and interferometric SAR systems and acquired data sets, polarimetric coherency matrices, Pauli components, polarization decomposition methods, including Freeman, Huynen and Krogager decompositions, and basic interpretation and analysis of polarimetric SAR images.

Chapter 4: Geometric correction of SAR images

This chapter reviews different geometric correction techniques used for microwave RS, including geocoded terrain correction, geocoded ellipsoid

correction and ordinary image to image transformation, as well as nearest neighbor, bilinear and cubic convolution resampling methods.

Chapter 5: Spectral Enhancement Methods for SAR Images

This chapter reviews different spectral enhancement techniques applied for SAR images such as histogram stretching and equalization, vector and sum normalization, saturation enhancement, density slicing, inverse brightness, and principal component analysis.

Chapter 6: Spatial Enhancement Methods for SAR Images

This chapter highlights different spatial enhancement techniques applied for SAR images such as average, median, Robert, Sobel, Laplacian and rank order filters as well as mathematical morphology, including dilation, erosion, opening and closing.

Chapter 7: Classification of SAR Images

This chapter describes different classification methods applied for SAR images such as maximum likelihood classification, Mahalanobis distance classification, minimum distance classification, parallelepiped classification, isodata clustering, contextual classification, entropy-based classification, supervised and unsupervised Wishart classifications.

Chapter 8: Different Applications of Radar Data Processing

Different examples of application and processing of microwave RS data, including the integrated use of SAR and optical images for urban study, investigation of the backscatter characteristics of different land surface features using single polarisation SAR images, and multisource data fusion and image classification, are given.

Editor-in-chief

Academician Prof.Dr.D.Amarsaikhan

ӨМНӨХ ҮГ

Зураглалд зориулсан радарын систем 1950-иад оноос бий болсон бөгөөд анхны зураглалын зориулалт бүхий радарын системүүдийг онгоцон дээр суурилуулан мэдээ хүлээн авдаг байжээ. Агаарын түвшин дэхь эдгээр системүүд нь нарийвчлалын хувьд өндөр биш, мөн өртөг өндрөөс гадна, зураглах явцад өргөн зурвас газрыг хамарч чадахгүй байсан тул эрдэмтдийн өмнө өргөн хэмжээний талбайг багтаах чадвартай, нарийвчлал сайтай мэдээ хүлээн авдаг радарын системийг бий болгох асуудал зайлшгүй тулгарсан байна. Иймд, олон орны эрдэмтэд сансрын түвшингээс радарын зураглал хийх судалгааны төсөл дээр ажиллаж, 1970-аад оноос тодорхой үр дүнд хүрч эхэлсэн бөгөөд тухайн үеийн техник, технологийн хөгжлийн дэвшлийг харуулах үүднээс АНУ 1979 онд Seasat дагуулыг, 1981 онд Shuttle хөлгийг тус, тус туршилтын журмаар хөөргөсөн юм.

Улмаар сансар судлалын салбарт ажилладаг эрдэмтэд сансрын түвшин дэхь синтетик апертуртай радар (САР)-ын асуудлыг төгс шийдсэнээр, 1990-ээд оноос сансрын радарын тандан судалгаа эрчимтэй хөгжиж, Европын сансрын агентлаг ERS-1,2 дагуулыг, Япон улс JERS-1 дагуулыг, Канад улс Radarsat-1 дагуулыг тус тус хөөргөснөөр эх дэлхийг өдөр, шөнө, цаг агаар, атмосферын ямар ч нөхцөлөөс үл хамааран системтэйгээр судлах боломжийг бий болгосноос гадна, энэ нь байгаль шинжлэл, зах зээл, аж ахуйн олон салбарт янз бүрийн давтамж, харах өнцгөөр авсан радарын мэдээг хэрхэн ашиглах, байгалийн биесийн төлөвийг уг биесийн сарнил, харах өнцгийн аль мужлалд хамаарагдаж байгаа эсэхээс нь хамааруулан хэрхэн тодорхойлох, олон сурвалжийн тандан судалгааны өгөгдлүүдийг хэрхэн нэгтгэх, сэдэвчилсэн мэдээг төрөл бүрийн хэлбэрээр дүрслэгдсэн бусад оронзай, цаг хугацааны мэдээтэй хэрхэн уялдуулах зэрэг судалгааны чиглэлүүд эрчимтэй хөгжихөд жинтэй хувь нэмэр оруулсан байна.

Шинэ зууны эхэн үеэс синтетик апертуртай радарын полариметрийн болон интерферометрийн аргууд нэн эрчимтэй хөгжиж радарын тандан судалгааны шинэ чиглэл болон хөгжиж байгаа бөгөөд уг аргууд нь байгалийн ба хүний гараар бий болсон объектуудыг хамгийн үнэн зөв ангилах, газрын гадаргыг 3-хэмжээст огторгуйд дүрслэх, оптикийн ба радарын мэдээг нэгтгэх, улмаар олон эх сурвалжийн мэдээг нэгтгэн нийлмэл судалгаа явуулах зэрэгт түлхүү ашиглагдаж байна. Одоо хэт өндөр болон өндөр шийдтэй полариметрийн тоон мэдээ хүлээн авах сансрын радарын дагуулууд бий болсон бөгөөд эдгээрийн тоонд Германы TerraSAR, Японы Alos Palsar, Европын сансрын агентлагийн Envisat зэрэг зүй ёсоор багтана.

Монгол улсад радарын мэдээг 1990-ээд оны дунд үеэс ашиглаж эхэлсэн юм. 1997 онд ШУА-ийн Информатикийн Хүрээлэн нь Германы Тандан Судлалын Хүрээлэнтэй хамтран ERS-1/2 синтетик апертуртай радарын мэдээг сансраас хүлээн авах газрын суурин станцыг Улаанбаатар хотод суурилуулсан бөгөөд нийт Монгол орныг бүрхсэн радарын зургийн архивтай болсон байна. Мөн түүнчлэн, тус хүрээлэн нь 2006 онд Японы Тохокугийн Их Сургуулийн эрдэмтэдтэй хамтран ALOS PALSAR дагуулын

мэдээний радиометрийн тохиргооны туршилтыг хийж гүйцэтгэсэн бөгөөд Монгол орны төвийн хэсгийг бүрхсэн радарын зургийн мэдээтэй болсон юм. Иймд, зайнаас тандсан мэдээтэй харьцдаг манай орны судлаачид болон сонирхсон бусад хүмүүст, оптикийн болон радарын мэдээг нэгтгэн төрөл бүрийн зориулалтаар ашиглах боломж бүрэн, дүүрэн байна.

Энэхүү номын гол зорилго нь синтетик апертуртай радарын мэдээг ашиглах явдал эрс өссөнтэй уялдуулан, түүнтэй харьцдаг судлаачид, их дээд сургуулийн багш нар, оюутнууд, мөн түүнчлэн мэргэжлийн болон бусад хүмүүст идэвхитэй тандан судлалын үндэс, радарын мэдээг боловсруулах стандарт ба өндөр түвшингийн аргууд, радарын ба оптикийн мэдээг нэгтгэх хэлбэрүүд, нэг туйлшралаар хүлээн авсан болон полариметрийн радарын мэдээг тайлах зарчмын талаар үндсэн мэдлэг олгоход оршино.