

RADARGRAMETRIA PARA INTERPRETES DE IMAGENES

Por F. LEBERL

TRADUCCION PRELIMINAR NO CORREGIDA

Bogotá, Noviembre de 1.972

SUMMARY

The present report is the result of a series of lectures on radar-grammetry, given at a short course on the use of Side Looking Airborne Radar in the earth sciences, held at CIAF, Bogotá, from November 13th till December 7th, 1972.

The main point lies on the geometric description of SLAR, the possible error sources, estimates of their effects on the imagery, and the explanation of a number of methods to carry out geometric measurements in the imagery.

The report falls in three parts. First, the geometry of SLAR is analyzed. Secondly, measurements in single SLAR images are explained, and finally, the possibilities of using overlapping SLAR images for the metric purposes of photointerpretation are discussed, concluded by a number of radargrammetric considerations concerning flight planning.

RESUMEN

El presente reporte es el resultado de una serie de conferencias sobre radargrametría, dictadas en un curso breve acerca del uso del radar de visión lateral en las ciencias terrestres, llevado a cabo en el Centro Interamericano de Fotointerpretación, CIAF, Bogotá, del 13 de noviembre al 7 de diciembre de 1972.

El punto principal radica en la descripción geométrica de SLAR, posibles fuentes de errores, estimativo de sus efectos en las imágenes, y la explicación de un número de métodos para hacer mediciones geométricas en las imágenes.

El reporte comprende tres partes: En la primera, se analiza la geometría SLAR; en la segunda, se explican las mediciones en imágenes sencillas de SLAR, y finalmente se discuten las posibilidades de usar imágenes de recubrimiento SLAR para fines métricos de fotointerpretación; se concluye con una serie de consideraciones radargramétricas referentes a planeamiento de vuelos.

INDICE

Resumen.	1
Summary	2
<u>1. INTRODUCCION</u>	6
<u>2. GEOMETRIA SLAR - GENERAL</u>	9
<u>3. PROPIEDADES DE PROYECCION SLAR</u>	12
3.1 "Viewing geometry y squint"	15
3.1.1. Imagen de distancia	16
3.1.2. Imagen de estructura vertical	18
3.1.3. Imagen de pendiente	23
3.1.4. Squint	25
3.2. Deformaciones TISSOT	27
3.3 Las ecuaciones de proyección	30
<u>4. ERRORES DE IMAGEN DEBIDO A IMPERFECCIONES</u>	33
4.1. Debido a la desviación del objeto desde un plano horizontal.	34
4.2. Debido a la presencia de la atmósfera	36
4.3 Debido a una orientación exterior no ideal	37
4.3.1 Por qué orientación exterior no ideal	37
4.3.2 Errores de imagen	40
4.3.3 Estabilización de la antena	50
4.4 Debido a errores en la orientación interior	51

5.	<u>EVALUACION EXPERIMENTAL DE LA GEOMETRIA DE IMAGENES SIMPLES DE SLAR.</u>	53
6.	<u>RECTIFICACION DE LA IMAGEN SLAR</u>	64
7.	<u>MEDIDAS DE FAJAS DE RADAR SIMPLES</u>	74
7.1	Instrucciones generales para el nomograma	75
7.2	Establecimiento del ángulo de depresión	77
7.3	Conversión del slant range en Ground range	78
7.4	Conversión del Ground range en Slant range	80
7.5	Conversión de la distancia en Slant range a distancia sobre el terreno	81
7.6	Números de escala de imágenes	86
7.6.1	Número de escala de imágenes en proyección oblicua	86
7.6.2	Número de escala de imágenes en Ground range, de una presentación oblicua	87
7.6.3	Número de escala a lo largo de la imagen	89
7.7	Distancia del terreno entre objetos, o dimensión de un objeto, en la imagen en presentación oblicua.	91
7.8	Elevación del terreno por la sombra de radar	93
7.9	Elevación de una estructura a partir del "layover" de radar y de la zona de sombra y "layover"	95
7.10	Mediciones en una dirección oblicua acerca del eje "y".	99
8.	<u>MEDICIONES EN EL RECUBRIMIENTO DE LAS FAJAS SLAR</u>	101
8.1	Pendientes regionales con recubrimiento pero no stereo-SLAR.	106
8.1.1	Geometría del lado opuesto	106
8.1.2	Geometría del mismo lado	113
8.1.3	Exactitud de los buzamientos del terreno	116

8.2	Alturas desde medidas de diferencias de paralajes.	118
8.3	El modelo estereo con SIAR en un instrumento fotografométrico	123
9.	<u>ASPECTOS RADARGRAMETRICOS EN PLANEAMIENTO DE VUELOS</u>	129
9.1	Altura de vuelo	129
9.2	Línea de vuelo recta o rumbo constante	132
9.3	Elección del recubrimiento	132
9.4	Fajas en cruz	133
9.5	Chequeo en cumplimiento de las especificaciones de vuelo	134
10.	<u>CONCLUSIONES</u>	138
	APENDICE A -Ejercicios	139
	APENDICE B - Lista de figuras	168
	BIBLIOGRAFÍA	178

* * * * *

RADARGRAMETRIA PARA INTERPRETES DE IMAGENES

Por F. Leberl

INTRODUCCION

Radargrametría es la ciencia que trata de la obtención de medidas por medio del radar (42). Para el presente caso nos limitaremos al radar de visión lateral -SLAR- tanto con apertura real como con apertura sintética. Ya que esta presentación está dirigida a los científicos que hacen uso de fotografías sobre todo de un modo cualitativo, el procedimiento matemático y geométrico estará a un nivel apropiado.

El uso de imágenes SLAR para el mapeo topográfico o para la obtención de mediciones precisas es más bien limitado. SLAR es solamente uno del gran número de sistemas de imágenes de sensores remotos (ver cuadro No. 1) pero comparativamente con una geometría ineficaz, la cual en general presenta numerosos problemas en la obtención de medidas. La comunidad fotogramétrica, que es por su naturaleza la más competente para tratar con estos problemas, está enterada de ellos. El cuadro No. 2 muestra el número de publicaciones de radargrametría en literatura fotogramétrica que han sido hechas hasta ahora. Además, la International Society of Photogrammetry ha decidido en su última conferencia en Ottawa, 1972, establecer un grupo especial de trabajo en radargrametría.

Esta presentación tratará de dar un cómputo de los problemas geométricos involucrados en el uso de imágenes SLAR. Consistirá de una parte teórica y

I.	Cámara Convencional con formato.
II.	Cámara Panorámica <ol style="list-style-type: none"> 1. Barrido en un plano perpendicular a la dirección de vuelo. 2. Barrido en un plano oblicuo a la dirección de vuelo.
III.	Cámara continua de fajas <ol style="list-style-type: none"> 1. Toma de imagen en un plano perpendicular a la línea de vuelo. 2. Toma de imagen en un plano oblicuo a la línea de vuelo.
IV.	Barredores óptico - mecánicos <ol style="list-style-type: none"> 1. Barrido en un plano perpendicular a la dirección de vuelo. 2. Barrido en un plano no perpendicular a la dirección de vuelo. 3. Barrido según un cono cuyo eje es la dirección de vuelo. 4. Barrido según un cono cuyo eje es vertical.
V.	PPI Radar
VI.	Medición de tiempo de reflexión de ondas emitidas oblicuamente (SONAR y SLAR) <ol style="list-style-type: none"> 1. En un plano perpendicular a la dirección de vuelo. 2. En un plano oblicuo a la dirección de vuelo. 3. En un cono cuyo eje es la dirección de vuelo.

Tabla I: Lista de sistemas de sensores remotos con imágenes

MAPEO CON RADAR DE VISION LATERAL SLAR

Número de publicaciones fotogramétricas
(tentativo, incompleto, estado 1972)

Estados Unidos	43
Holanda	7
Canadá	5
Austria	4
Alemania	3
Rusia	1

Tabla 2: lista de publicaciones sobre radar y fotogrametría

Modelo Funcional de SLAR

Ecuaciones de proyección

Objeto (la tierra no es plana)

Atmósfera (La radiación pasa a través del aire)

Orientación exterior (el vuelo no es recto ni es nivelado)

Orientación interior (TRC, lente, película, etc. no son perfectos)

Cuadro No. 3 Modelo funcional de SLAR

otra práctica. En la parte teórica, la geometría SLAR será descrita, parte por los resultados de estudios teóricos y parte por resultados de experimentos numéricos. En la segunda parte serán descritos métodos prácticos, los cuales pueden ser utilizados por el fotointérprete para obtener medidas lo cual puede mejorar el valor que tengan para él las imágenes SLAR.

La descripción del sistema SLAR en lo que se refiere a apertura verdadera y apertura sintética, junto con la consideración de resolución y radar interferométrico están excluidas en este reporte. En cambio se hace referencia a las notas del Dr. Koopmans.

II. GEOMETRIA SLAR -GENERAL

Hablar en general sobre radargrametría comprende varias fases;

- el modelo funcional
- el modelo estadístico.
- la consideración de una faja sencilla de imagen
- la consideración de fajas de imagen de recubrimiento lateral.

El modelo funcional es la lista de fórmulas que dan la relación exacta entre un objeto (la superficie de la tierra) y nuestra imagen SLAR. Comprende la ecuación de proyección, relacionando un punto de la tierra con un punto en la imagen y también comprende el efecto exacto de la imagen que resulta de desviaciones de los parámetros de la imagen a lo ideal (cuadro No. 3). Estas desviaciones son: nuestra tierra no es completamente plana; la radiación electromagnética tiene que pasar a través de la atmósfera en vez del vacío; la

BIBLIOGRAFIA ACERCA DE RADARGRAMETRIA

1. AKOWETZI, W. I. "On the Transformation of Radar Coordinates into the Geodetic System", Geodesia i Aerofotosjomka, 1968, in Russian.
2. AMBROSE, W. "A Radar Image Correlation Viewer", Phot. Eng., Vol. XXXIII, 1967.
3. ANONYMOUS. "Westinghouse Earth Resources SLAR Mapping System ER 3", Westinghouse Electric Corp. Techn. Pbul. No. 9724a, Baltimore, U. S. A.
4. BOSMAN, E., CLERICI, E., ECKHARDT, D., KUBIK, K. "Project Karaka - The Transformation of Points from Side Looking Radar Images into the Map System", Final Report, Part I, NIWARS, Delft, Netherlands, 1971.
5. CRANDALL, C. J. "Advanced Radar Map Compilation Equipment", Phot. Eng., Vol. XXIX, 1963.
6. CRANDALL, C. J. "Radar Mapping in Panamá", Phot. Eng., Vol. XXXV, 1969.
7. CLAVELOUX, B. A. "Sketching Projector for Side-Looking Radar Photography", Phot. Eng., Vol. XXVI, 1960.
8. DALKE, G., McCCOY, R. "Regional Slopes with Non-Stereo Radar", Phot. Eng., Vol. XXXV, 1968.
9. DERENYI, E. E. "An Exploratory Investigation into the Relative Orientation of Continuous Strip Imagery", Univ. of New Brunswick, Ph. D. Thesis, Canada, 1970.

10. DI CARLO, C. CRANDALL, C. J. "All Weather Mapping", Presented Paper, FIG-Congress, 1968.
11. DI CARLO, C., DE METER, E. R. "Dod Data Processing Equipment for Radar Imagery", Presented Paper, FIG-Congress in Wiesbaden, Germany, 1971.
12. ESTEN, R. D. "Radar Relief Displacement and Radar Parallax", USAERDL-Report No. 1294, Ft. Belvoir, USA, 1953.
13. FIORE, C. "Side-Looking Radar Restitution", Phot. Eng., Vol. XXXIII, 1967.
14. GEIER, F. "Beitrag zur Geometrie des Radarbildes", Ph. D. Thesis, Techn. Univ. of Graz, Austria, 1971.
15. HEMPENIUS, S. A. "Image Formation Techniques for Remote Sensing from a Moving Platform", ITC-Publ. Serie A, No. 46, 1969.
16. HOCKEBORN, H. A. "Extraction of Positional Information from Side Looking Radar", Presented Paper ISF Comm. II-Symp., Munich, 1970.
17. HOFFMANN, P. "Photogrammetric Applications of Radar Scope Photographs", Phot. Eng., Vol. XXIV, 1958.
18. HOHENBERG, F. "Zur Geometrie des Funkmessbildes", Austrian Academy of Sciences, Math.-Naturwiss. Klasse, Volume 2-3, 1950.
19. KOBER, C. L., SIEFKER, R. G. "Determination of Target Height from Radar PPI Photographs", Airforce Techn. Report No. 6500, Wright Air Development Centre, Ohio, 1950.

20. KONECNY, G. "Metric Problems in Remote Sensing", Proceed. of the ISP Comm. IV Symp., Delft, 1970, ITC Publ. Series A, No. 50.
21. KONECNY, G. "Orientierungsfragen bei Streifenbildern und Aufnahmen der Infrarotabtastung", Presented Paper, ISP-Comm. II Symp., Munich, 1970.
22. KONECNY, G. "Geometrical Aspects of Remote Sensing", Invited Paper, ISP-Congress, Ottawa 1972.
23. KONECNY, G., DERENYI, E. E. "Geometric Considerations for Mapping from Scan Imagery", 4th Symp. on Remote Sensing, Univ. of Michigan; Ann-Arbor, USA, 1966.
24. LA PRADE, G. L. "An Analytical and Experimental Study of Stereo for Radar", Phot. Eng., Vol. XXIX, 1963.
25. LA PRADE, G. L. "Subjective Considerations for Stereo-Radar", Goodyear Aerospace Corp., GiB-9169, 1970.
26. LA PRADE, G. L., LEONARDO E. S. "Elevations from Radar Imagery", Phot. Eng., Vol. XXXV, 1969.
27. LEBERL, F. "Metric Properties of Imagery Produced by Sidelooking Airborne Radar and Infrared Line Scan Systems", Proceed. of the ISP Comm. IV Symp., Delft, 1970, ITC Publ. Series A, No. 50.
28. LEBERL, F. "Vorschläge zur instrumentellen Entzerrung von Abbildungen mit Seitwärts Radar (SLAR) und Infrarotabtastsystemen (IRIS)", Bildmessung und Luftbildwesen 1971/2.

9. LEBERL, F. "The Geometry of, and Plotting from, Single Strips of SLAR Imagery". ITC Publ. A55, Enschede, Holland.
10. LEBERL, F. "Remote-Sensing, Neue Entwicklungen zur Wahrnehmung auf Abstand", Osterreichische Zeitschrift für Vermessungswesen, 1971/6.
11. LEBERL, F. "On model formation with Remote Sensing Imagery", Special issue for ISP-Congress 1972 of the Osterreichische Zeitschrift für Vermessungswesen, 1972.
12. LEBERL, F. "Evaluation of Single Strips of SLAR-Imagery; Inv. Paper, ISP-Congress, Ottawa, 1972.
13. LEONARDO, E. S. "An Application of Photogrammetry to Radar Research", Phot. Eng., Vol. XXV, 1959.
14. LEONARDO, E. S. "Comparison of Imaging Geometry for Radar and Photographs", Phot. Eng., Vol. XXIX, 1963.
15. LEONARDO, E. S. "Capabilities and Limitations of Remote Sensors", Phot. Eng., Vol. XXX, 1964.
16. LEONARDO, E. S. "Reliability of Remote Sensing Imagery", Semi-Annual ASP-Convention, Dayton, Ohio, 1965.
17. LEVINE, D. "Principles of Stereoscopic Instrumentation for PFI-Photography", Phot. Eng. Vol. XXX, 1963.
18. LEVINE, D. "Radargrammetry", McGraw Hill Book Comp., 1960.
19. LEVINE, G. "Automatic Production of Contour Maps from Radar Interferometric Data", Semi Annual ASP-Convention, Dayton, Ohio, 1965.

39. LOELKES, G. L. "Radar Mapping Imagery- Its Enhancements and Extraction for Map Construction", Semi-Annual ASP-Convention, Dayton, Ohio, 1965.
40. LOOR, G. F. de "Possibilities and Uses of Radar and Thermal Infrared Systems", Photogrammetria, Vol. 24, 1969.
41. MACCHIA, R. P. "Radar Presentation Restitutor", Phot. Eng., Vol. XXIII, 1957.
42. MANUAL OF PHCTOGRAMMETRY. "Photogrametric and Radargrammetric Techniques", Vol. II, 3rd. Edition, 1966.
43. MIRANDA, A. "Radar Stereo Equipment", Goodyear Aerospace Corp., GiB - 9198, 1970.
44. MOORE, R. K. "Heights from Simultaneous Radar and Infrared", Phot. Eng., Vol. XXXV, 1969.
45. NIMS, A. A. "All-Weather Mapping by Radar", Westinghouse Engineer, 1963.
46. NORVELLE, F. Raye. "AS-11-A Radar Program", Phot. Eng., Vol. XXXVIII, 1972.
47. ORLANDO, C. "Tactical Image Interpretation Facility", Phot. Eng., Vol. XXXIII, 1967.
48. PROTHEROE, W. M.,
DICKY, F. P. "The Geometry of the Radarscape", Paper No. 107, Mapping and Charting Lab., Ohio State Univ., 1950.
49. RINNER, K. "Die Geometrie des Funkmessbildes, Austrian Academy of Sciences, Math.-Naturw. Klasse, 1943.
50. RINNER, K. BENZ, F. "Handbuch der Vermessungskunde," Jordan-Eggert-Kneissl, Vol. II, Metzlersche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 1966.

51. ROSENFELD, G. H. "Stereo Radar Techniques", Phot. Eng., Vol. XXXIV, 1963.
52. RYDSTROM, H. C. "Radargrammetric Applications of the Right Angle Solution Nomogramme", GiB 9124, code 99696, 1963.
53. SCHEPS, B. B. "To Measure is to Know .Geometric Fidelity and Interpretation in Radar Mapping", Phot. Eng., Vol. XXVI, 1960.
54. SCHREITER, J. B. "Strip Projection for Radar Charting", Techn. Paper No. 130, Mapping and Charting Lab., Ohio State Univ., 1950.
55. SINGLETON, R. R. "Projection for Line Scan Recording Devices", Techn. Paper No. 173, Mapping and Charting Lab., Ohio State University., 1953.
56. SMITH, H. P. "Mapping by Radar- The Procedures and Possibilities of a New and Revolutionary Method of Mapping and Charting", USAF, Randolph Field, Texas, 1948.
57. TOMANN, C. C. "Acoustic Simulation of Stereo Radar", Tech. Item Nr. 133-3, CRES, Univ. of Kansas, Lawrence, USA, 1969.
58. STILWELL, J. E. "Radar Network Adjustment", Phot. Eng., Vol. XXIX, 1963.
59. YCRITOMO, K. "All Weather Mapping", Semi Annual ASF Convention, Dayton, Ohio, 1965.
60. YCRITOMO, K. "Radar as a Mapping Sensor", Ft. Belvoir, Virginia, USA.
61. YCRITOMO, K. "Comparisons of Photogrammetric and Radar Data Reduction", Ft. Belvoir, Virginia, USA.