



Asamblea General

Distr. GENERAL

A/AC.105/617
15 de noviembre de 1995

ESPAÑOL
Original: INGLÉS

COMISIÓN SOBRE LA UTILIZACIÓN DEL ESPACIO
ULTRATERRESTRE CON FINES PACÍFICOS

INFORME SOBRE EL QUINTO CURSO DE LAS NACIONES UNIDAS DE CAPACITACIÓN DE EDUCADORES PARA LA ENSEÑANZA DE LA TELEOBSERVACIÓN

(Estocolmo y Kiruna (Suecia) 2, de mayo a 9 de junio de 1995)

ÍNDICE

| | <i>Párrafos</i> | <i>Página</i> |
|---|-----------------|---------------|
| INTRODUCCIÓN | 1-9 | 2 |
| A. Antecedentes y objetivos | 1-3 | 2 |
| B. Organización y programa | 4-9 | 2 |
| I. RESUMEN DEL CURSO | 10-27 | 3 |
| A. Adquisición de datos de teleobservación | 10-13 | 3 |
| B. Interpretación de imágenes y aplicaciones | 14-21 | 4 |
| C. Integración de datos en SIG y preparación de planos | 22-26 | 5 |
| D. Desarrollo del programa | 27 | 6 |
| II. EVALUACIÓN DEL CURSO | 28-30 | 7 |
| III. PROPUESTA DE PLAN DE ACCIÓN PARA EL SEGUIMIENTO DEL CURSO | 31 | 7 |
| <i>Anexos</i> | | |
| I. Programme of the course | | 8 |
| II. Description of project | | 14 |

INTRODUCCIÓN

A. Antecedentes y objetivos

1. El Quinto Curso de las Naciones Unidas de Capacitación de Educadores para la Enseñanza de la Teleobservación, celebrado en Estocolmo y Kiruna (Suecia) del 2 de mayo al 9 de junio de 1995, fue organizado por el Programa de las Naciones Unidas de Aplicaciones de la Tecnología Espacial en cooperación con el Gobierno de Suecia. Fue copatrocinado por la Junta de Inversiones y Apoyo Técnico de Suecia (JIAT) en representación del Gobierno de Suecia, y fueron sus anfitriones el Departamento de Geografía Física de la Universidad de Estocolmo y la Corporación Sueca del Espacio (SSC Satellitbild).
2. El curso estuvo específicamente dirigido a los educadores universitarios de los países en desarrollo, con el objetivo de permitirles introducir elementos de la tecnología de la teleobservación en los programas de sus establecimiento universitarios.
3. En el presente informe se describen la organización del curso de capacitación, su contenido técnico y los proyectos realizados por los participantes durante el mismo. La selección de proyectos reflejó tanto los intereses académicos de los participantes como los problemas del desarrollo nacional en sus países de origen. En el informe se presentan los resultados de la evaluación del curso y el plan de acción propuesto para el seguimiento del mismo. El informe ha sido preparado para la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos y su Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos.

B. Organización y programa

4. A principios de diciembre de 1994, la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre de las Naciones Unidas envió a las oficinas del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), formularios de inscripción y folletos informativos sobre el curso para su remisión a las autoridades nacionales pertinentes. Simultáneamente, la Universidad de Estocolmo envió el mismo material a las embajadas de Suecia en 75 países y a los participantes en cursos anteriores para su distribución local. El grupo destinatario del curso, que comprendía a 75 países cuyas necesidades de desarrollo reflejaban las prioridades de Suecia, fue seleccionado por la JIAT. Se recibieron más de 110 solicitudes de inscripción, que fueron tramitadas, conjuntamente por la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre de las Naciones Unidas y la Universidad de Estocolmo.
5. Participaron en el curso 25 personas, tres de las cuales eran mujeres. Hubo participantes de los siguientes países: Egipto, Etiopía, Kenya, Nepal, Nigeria, el Pakistán, la República Unida de Tanzania, el Senegal, Sri Lanka, Swazilandia, Uganda, Viet Nam y Zimbabwe. Los instructores provenían de la Agencia Espacial Europea, la JIAT, la Junta Nacional Sueca del Espacio, la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre, el Real Instituto de Tecnología de Suecia, la Sociedad Sueca para la Conservación de la Naturaleza, la SSC Satellitbild, la Universidad de Estocolmo y la Universidad de Upsala.
6. Las Naciones Unidas aportaron los fondos necesarios para el viaje de 12 participantes provenientes de países en desarrollo. Todos los demás gastos, incluidos los viajes en avión de 13 participantes, el alojamiento y la comida, los materiales para el curso y el transporte por tierra de todos los participantes, fueron sufragados por el Gobierno de Suecia.
7. En la ceremonia de inauguración, el Presidente de la Universidad de Estocolmo y el representante de la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre pronunciaron sendos discursos. El representante de la JIAT presentó un panorama general de la política de asistencia seguida por Suecia y brindó información sobre la actual reestructuración de las organizaciones suecas de asistencia. La reestructuración había finalizado y la JIAT había sido reemplazada por el Organismo Sueco de Desarrollo Internacional (OSDI).

8. EL programa del curso de capacitación (ver anexo I) fue preparado por el Departamento de Geografía Física de la Universidad de Estocolmo en consulta con la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre. El curso consistió en una serie de disertaciones y pruebas realizadas en el laboratorio y sobre el terreno. Se efectuaron visitas técnicas a varios lugares de interés, incluidas las estaciones receptoras de satélite de ESA/Salmijarvi y Esrange y la mina subterránea de Kirunavaara. Durante seis días, el curso se realizó en Satellitbild, la instalación de la Corporación Sueca del Espacio para procesamiento de datos y cartografía que se encuentra en Kiruna. Los participantes dedicaron tres días y medio a la interpretación visual de imágenes obtenidas por teleobservación de regiones de sus países que ellos mismos habían seleccionado. Un aspecto destacado del curso fue la presentación de ponencias por los participantes sobre los resultados de sus proyectos de interpretación visual. En el anexo II se presenta una descripción de dichos proyectos.

9. A continuación, la sección I ofrece una exposición resumida de los temas planteados durante el curso de capacitación. En ella se describen determinados aspectos básicos de la teleobservación por satélite y de los sistemas de información geográfica (SIG) que los usuarios de datos obtenidos por teleobservación deben valorar debidamente para su eficaz aplicación a los problemas relacionados con el desarrollo nacional o a cuestiones teóricas planteadas por los participantes. Las secciones II y III presentan, respectivamente, el análisis de la evaluación del curso y el plan de acción para el seguimiento.

I. RESUMEN DEL CURSO

A. Adquisición de datos de teleobservación

10. Los datos obtenidos por diversos satélites (por ejemplo, el Satélite Europeo de Teleobservación (ERS), el Satélite Terrestre de Teleobservación (Landsat), el Satélite Experimental de Observación de la Tierra (SPOT), el Resurs, el Satélite del Japón para el estudio de los recursos terrestres (JERS), el Satélite de Teleobservación de la India (IRS) y el Meteosat) eran útiles para el análisis de los problemas relacionados con el desarrollo nacional, en especial los relativos a la evaluación de los recursos naturales y la vigilancia del medio ambiente. En este curso de capacitación, en el que se destacó la interpretación visual de los datos de observación de la Tierra obtenidos sobre superficies terrestres, se hizo hincapié en los datos obtenidos con los satélites Landsat y SPOT.

11. Era posible encargar imágenes de satélite y productos asociados a diversos proveedores, incluido Satellitbild. Los usuarios también podían tener acceso directo a metadatos, es decir a información sobre la disponibilidad y calidad de las imágenes de satélite, e incluso podían ver por anticipado muestras de las imágenes. Los metadatos se presentan cada vez en mayor medida en forma de base de datos en CD-ROM (por ejemplo, el sistema de consultas basado en imágenes de la Red Europea de Archivos de Datos sobre el Color de los Océanos (OCEAN) y el sistema de búsqueda en CD del radiómetro avanzado de muy alta resolución (AVHRR) conocido como Ionía). También podía accederse a algunas bases de datos a través de la Internet.

12. Al encargar imágenes obtenidas por teleobservación desde satélites se deben tener en cuenta varios criterios importantes, como la nubosidad, la fecha y la frecuencia de la adquisición de imágenes así como características espectrales y espaciales. Por ejemplo, aunque el porcentaje total de nubosidad en una imagen determinada fuera aceptablemente bajo, las nubes presentes en ese momento podrían oscurecer la zona geográfica específica de interés. En consecuencia, era conveniente ver las imágenes antes de comprarlas.

13. La fecha de adquisición de cada imagen tenía una influencia directa sobre los diversos usos a los cuales podía eventualmente aplicarse. Por ejemplo, si bien las imágenes tomadas en las estaciones de lluvia eran útiles para determinar la cubierta vegetal, no lo eran tanto para trazar mapas de los accidentes geográficos y de los suelos. La frecuencia de paso del satélite por un mismo lugar también influía en las posibles aplicaciones de las imágenes obtenidas. Mientras el AVHRR podía facilitar una imagen diaria de una determinada zona geográfica de interés, la serie de satélites Landsat TM y SPOT tenían una frecuencia de paso de 16 y 26 días, respectivamente. En el caso de las imágenes del SPOT, la frecuencia de paso podía reducirse a uno o cuatro días gracias a la posibilidad de

observación fuera del nadir que ofrece ese sensor, para facilitar la vigilancia de fenómenos de corta duración, como algunos tipos de desastres naturales.

B. Interpretación de imágenes y aplicaciones

14. El aspecto de las imágenes obtenidas mediante teleobservación dependía de diversos factores, como eran las características del sensor, de la atmósfera y del terreno. Los datos multiespectrales, como los adquiridos mediante la serie de satélites IRS, Landsat, Meteosat y SPOT, se recogían en una diversidad de bandas espectrales. Esas bandas se habían seleccionado para mejorar la detección de características de interés y la diferenciación entre las mismas (por ejemplo, la vegetación, el suelo, el agua y las nubes), y abarcaban desde la parte visible hasta la parte infrarroja del espectro electromagnético. Los exploradores ópticos multiespectrales detectaban la energía solar reflejada o emitida por las características de la superficie. En cambio, los satélites de radar, como los ERS-1 y 2, el JERS y el Radarsat aprovechaban la región de microondas del espectro. Esos satélites llevaban instrumentos que transmitían energía de microondas en impulsos y medían el tiempo de vuelta de la señal tras la retrodispersión.

15. Normalmente, los exploradores multiespectrales se utilizaban para adquirir imágenes durante las horas de luz. Mientras que los datos de esos exploradores podían verse afectados por las condiciones atmosféricas locales (por ejemplo, nubes que bloquearan la observación de las características de la superficie), la obtención de imágenes con satélites de radar no sufría las mismas limitaciones. En general, los instrumentos multiespectrales y de radar utilizaban regiones diferentes del espectro electromagnético y con frecuencia podían brindar información complementaria útil para abordar diversos problemas del desarrollo nacional.

16. Aparte de la importancia de las características radiométricas (es decir, el número y tipo de bandas espectrales) de un determinado sensor en relación con las características espectrales del fenómeno observado, el tipo de imágenes de satélite útil para una determinada aplicación dependía del nivel de detalle necesario. Con frecuencia, la resolución espacial de las imágenes en tierra era un factor determinante para su aplicación, por ser indicativa de la porción de superficie más pequeña que se podía distinguir. En el caso de los canales de imagen de Meteosat, por ejemplo, la resolución espacial en tierra era teóricamente de 2,5 km, en tanto que para las imágenes multiespectrales del SPOT era de 20 metros. Ese nivel de resolución espacial permitía el uso de las imágenes multiespectrales del SPOT en el trazado de mapas hasta una escala máxima sugerida de aproximadamente 1:50.000.

17. Las distorsiones radiométricas y geométricas de las imágenes sin procesar obtenidas por los sensores ópticos instalados a bordo de los satélites se corregían para facilitar la posterior interpretación de imágenes visuales o la clasificación por computadora, y para asegurar la posibilidad de superponerlos, en caso necesario, a los mapas ya existentes, por ejemplo, en los SIG. En respuesta a las necesidades de los usuarios, los proveedores de datos obtenidos por teleobservación mediante satélites habitualmente ofrecían varios productos de imágenes con diferente valor agregado, cada uno de los cuales reflejaba distintos niveles de procesamiento y corrección (por ejemplo, imágenes con corrección de sistema o de precisión). Las imágenes con corrección de sistema eran las corregidas para tener en cuenta las distorsiones previsibles de la imagen debidas a factores tales como la rotación de la Tierra durante la formación de la imagen. En las imágenes con corrección de precisión, se realizaban las correcciones geométricas usando transformaciones matemáticas basadas en varias ubicaciones comunes (puntos de control en tierra) identificadas tanto en la imagen no corregida como en el correspondiente mapa planimétrico realizado a una escala apropiada (por ejemplo, 1:50.000 para imágenes del Landsat). Otro sistema era el de efectuar la transformación requerida usando las localizaciones de los puntos de control en tierra determinados mediante el sistema de posicionamiento mundial. A fin de facilitar las comparaciones entre las imágenes obtenidas en fechas y condiciones distintas, podían realizarse correcciones radiométricas, para tener en cuenta las variaciones de la iluminación de la escena, de la geometría de la observación y de las características de respuesta de los instrumentos.

18. El usuario final podía encargar datos de satélite en formato digital o en fotogramas. Había varios tipos distintos de mejoras de la imagen pasos de procesamiento que facilitaban la interpretación de las imágenes) que podían aplicarse a los datos digitales primarios para optimizar su utilidad en una aplicación concreta. Era posible realizar muchos tipos diferentes de mejoras, incluidos el realce de contrastes, el filtrado, la formación de coeficientes de banda, los cambios de intensidad, tonalidad y saturación y la formación de colores compuestos. Se podían

encargar a los proveedores fotogramas con mejoras específicas ya incorporadas para satisfacer las necesidades de una aplicación determinada. Sin embargo, el acceso a los datos en formato digital también brindaba al usuario la posibilidad de realizar, a su conveniencia y a medida que se planteaban las necesidades, mejoras o clasificaciones de las imágenes locales o globales apropiadas para una serie de aplicaciones. El formato digital de los datos también facilitaba la incorporación posterior de información de teleobservación a un SIG. No obstante, el procesamiento de imágenes digitales requería equipo (por ejemplo una computadora y una impresora de formato grande) y programas de computadora apropiados, elementos éstos que no tienen todas las instituciones. Por otro lado, la interpretación visual de fotogramas mejorados obtenidos a partir de imágenes digitales era más económica.

19. La comprobación sobre el terreno de mapas temáticos preparados sobre la base de imágenes interpretadas era un paso importante que aseguraba la fiabilidad de la información deducida de imágenes obtenidas por teleobservación. La brújula magnética tradicional era un instrumento valioso y sencillo para establecer la correspondencia entre las localizaciones en una imagen y las situadas en el terreno. Sin embargo, se estaba popularizando el uso de instrumentos GPS para ese fin debido a la sencillez de su uso, su costo accesible y su elevado nivel de precisión.

20. Las características de la superficie traducidas en imágenes podían clasificarse digitalmente utilizando una diversidad de sistemas, unos supervisados y otros no. En los supervisados era necesario que el operador tuviera un cierto conocimiento de algunas localizaciones en la imagen de lo que se estaba cartografiando (por ejemplo, suelo, agua o tipo de vegetación). Esta información servía de guía para el posterior proceso de clasificación por computadora. En cambio, las clasificaciones no supervisadas, se hacían analizando las estadísticas correspondientes a las imágenes multiespectrales utilizadas para el estudio. En la clasificación visual, se mejoraban las imágenes multiespectrales para destacar las características de interés (por ejemplo, aguas superficiales frente a características del terreno) antes de su impresión y posterior interpretación. Para facilitar la clasificación visual, el analista usaba elementos de la interpretación fotográfica (por ejemplo, tonalidad, textura, configuración del terreno, drenaje, accidentes geográficos, topografía y lineamientos). En la interpretación visual, se marcaban en el positivo los límites geográficos de distintos componentes que posteriormente podían introducirse en un SIG en forma de mapa vectorial, mediante la digitalización. El mapa vectorial podía convertirse a formato cuadrículado para adaptarlo a las necesidades de los estudios analíticos.

21. Fue de todos admitido que los datos obtenidos por teleobservación eran útiles para una amplia gama de aplicaciones. De ello es reflejo la diversidad de proyectos emprendidos por los participantes (véase cuadro en anexo II), entre los que se contaron aplicaciones a medios ambientes tanto terrestres como marinos. Las aplicaciones terrestres estuvieron principalmente dirigidas a la agricultura (erosión del suelo, deforestación, planificación del uso de la tierra y embarques), la geología y la hidrogeología (erosión de las orillas de los ríos, ordenamiento de las aguas subterráneas), la mitigación de desastres naturales (deslizamientos de tierra, deshielo de los lagos glaciares, avalanchas de nieve, corrientes de desechos, inundaciones, etc.), la meteorología, la contaminación y la urbanización. La única aplicación marina estudiada abordó los problemas causados por la presencia de floración de algas.

C. Integración de datos en SIG y preparación de planos

22. Todo SIG constaba de equipo y programas de computadora y de componentes de datos que permitían almacenar, analizar y presentar información. Los datos de los SIG tenían referencias geográficas (es decir, se referían a coordenadas geográficas precisas tomadas del mundo real), por lo que era posible la superposición completa de diferentes mapas temáticos de la misma zona. Para ello, los distintos mapas debían tener los mismos niveles de generalización (es decir, las escalas de los mapas originales debían ser similares) y una proyección geométrica análoga. En general, los datos de los SIG eran de cuatro tipos genéricos: puntos, líneas, cuadros y superficies. Las superficies podían ser poligonales, vectoriales o cuadrículadas. Con esos cuatro tipos de datos podían realizarse varias operaciones diferentes (por ejemplo, superposición, análisis de vecindad, interpolación, clasificación y análisis de series cronológicas), en el transcurso de los análisis espaciales iniciados por una pregunta.

23. Se podía interrogar a los datos de los SIG para que respondieran a preguntas que sólo necesitaban la recuperación de datos. Esta operación no requería ninguna manipulación entre distintos conjuntos de datos. En cambio, otras preguntas podían requerir manipulaciones simples o complejas de diversos conjuntos conforme a diferentes reglas o modelos (por ejemplo, de procesamiento, matemáticos, heurísticos, de sistemas expertos, etc.). También podían utilizarse los SIG en estudios de simulación (por ejemplo, para determinar los efectos de los cambios en el aprovechamiento de la tierra sobre las escorrentías y los riesgos de inundación, o el efecto de la disponibilidad de agua sobre la producción agrícola).

24. La capacidad de responder en forma rápida e interactiva a las preguntas formuladas, hacía del SIG un instrumento inestimable para la adopción de decisiones, ya que podían examinarse muchos escenarios posibles antes de poner en práctica una decisión definitiva. Por ejemplo, una pregunta relativamente sencilla que un SIG podía procesar fácilmente era la siguiente: "¿Cuáles son las localizaciones apropiadas para la agricultura de secano en las que pueda usarse equipo agrícola mecanizado y que se encuentren dentro de 10 km de distancia de las carreteras o líneas ferroviarias principales o de ríos navegables?". Para responder a esa pregunta, los datos necesarios debían incluir los suelos, las lluvias, la pendiente de la superficie y las redes viales, ferroviarias y fluviales.

25. Uno de los principales requisitos para establecer un SIG era reunir una base de datos que fuera útil para abordar toda la gama de problemas que requerían solución. Esto podría obstaculizar el establecimiento del SIG, dado que, a menos que los datos ya existieran en formato digital, había que convertirlos a ese formato, usando, con frecuencia, técnicas manuales costosas (por ejemplo, la digitalización manual). El uso común de datos podía ser de utilidad para establecer una base de datos de SIG con rapidez. No obstante, debían tenerse en cuenta factores como las normas de intercambio de datos, a fin de evitar los problemas causados por datos poco precisos. En general, la adquisición y el ingreso de datos, útiles constituían uno de los aspectos más esenciales, y con frecuencia más costosos, de la creación de SIG.

26. Además de sus capacidades analíticas, el SIG se utilizaba a menudo en aplicaciones cartográficas para preparar mapas sobre papel que presentaran elementos espaciales seleccionados de una o más fuentes digitales, así como los resultados de un análisis espacial complejo. Esta capacidad de los SIG permitía trazar mapas a medida, adecuados a los usos finales previstos, conforme a las necesidades. Para poder aprovechar plenamente esa capacidad, era necesario el conocimiento de los conceptos cartográficos, incluidos los relativos a los datos geodésicos, los elipsoides de referencia, la proyección cartográfica y el sistema de posicionamiento mundial.

D. Desarrollo del programa

27. Las condiciones que influían en la realización de un nuevo curso variaban considerablemente según los establecimientos universitarios, incluso dentro de un mismo país. Fue por ello necesario dar a la formulación de programas, un enfoque estructurado que tuviera en cuenta las limitaciones impuestas y las oportunidades ofrecidas específicamente por cada establecimiento. La propuesta para la realización de un nuevo curso debía incluir el análisis de los siguientes temas: la ubicación del curso dentro del sistema educativo (¿formaría parte de otro curso o se trataría de un curso separado?); el grupo al que estaba dirigido (¿cuáles eran los requisitos para participar y el nivel de instrucción de los estudiantes?); el objetivo del curso (¿teórico o práctico?); organización del curso (¿cuál sería la duración y composición de las conferencias y los ejercicios prácticos?); el programa; trabajos relacionados con proyectos (¿qué tipos de proyectos sería posible elaborar con la información disponible?); evaluación (¿se evaluaría a los estudiantes sobre la base de los ejercicios prácticos y de los seminarios para estudiantes?); personal (de cuántos docentes capacitados se disponía y cuál era su nivel de experiencia); instalaciones y equipo, y cuestiones financieras.

II. EVALUACIÓN DEL CURSO

28. Las respuestas que figuraban en los formularios de evaluación del curso fueron analizadas por una pequeña comisión de participantes, cuyos miembros habían sido seleccionados por los propios estudiantes. En el último día del curso, un miembro de esa comisión presentó oficialmente los resultados del análisis a todos los participantes y

a los representantes de la JIAT, del Departamento de Geografía Física de la Universidad de Estocolmo y de las Naciones Unidas. El debate que tuvo lugar tras la presentación oficial permitió a todos los participantes hacer nuevas observaciones.

29. Los resultados fundamentales del análisis de las respuestas fueron los siguientes:

a) Todos los participantes hubieran deseado dedicar más tiempo a ejercicios prácticos relacionados con la teleobservación y los SIG;

b) Aproximadamente el 80% convino en que el curso estaba bien elaborado;

c) Aproximadamente el 70% consideró que se había beneficiado mucho con el curso;

d) Aproximadamente el 90% estuvo de acuerdo con la duración del curso.

30. Algunos participantes previeron dificultades para aplicar en sus empleos los conocimientos recién adquiridos. Esas dificultades, vinculadas esencialmente a la falta de fondos adecuados, incluían el acceso a los datos obtenidos por teleobservación y a las computadoras y los programas necesarios para los SIG y el procesamiento de imágenes.

III. PROPUESTA DE PLAN DE ACCIÓN PARA EL SEGUIMIENTO DEL CURSO

31. A la luz de los resultados de la evaluación del curso, que mostraron un gran interés de los participantes en tener un mayor acceso a las técnicas de procesamiento de imágenes digitales, la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre propuso examinar la posibilidad de organizar a través del OSDI, un curso más avanzado para educadores en materia de teleobservación, en el cual se hiciera hincapié en las técnicas para el uso de computadoras en la aplicación de los datos obtenidos por teleobservación. Para este curso, los participantes ya deberían estar capacitados en las técnicas visuales de interpretación de imágenes, por lo que podrían participar los graduados del curso recién finalizado. Se previó que, en años sucesivos, el curso propuesto se alternaría con el actual curso introductorio.