

EXPERIENCES PORTANT SUR L'ETABLISSEMENT PAR TELEDETECTION
DES CARTES THEMATIQUES EN REGIME SUPERVISE, SURTOUT POUR
DES ZONES DELTAIQUES

Prof. V. Calistru Prof. N. Oprea
Ecole Sup. de Génie Civil et du Bâtiment
Bucarest Roumanie

RESUME

Après un bref passage en revue des types de programmes (sets) destinés au traitement thématique de la vidéo-information, on présente quelques observations et recommandations résultées de l'utilisation des programmes en régime supervisé en employant essentiellement les composantes principales (la transformée Hotelling - Karhunen Loève) ainsi que d'autres types de compression des données et de classifications thématiques. On donne quelques exemples de résultats obtenus pour le spécifique des zones de cultures, respectivement pour les zones à végétation naturelle-deltaïque y compris les interprétations de cultures, l'excès d'humidité, concernant les domaines de l'hydrologie et de la pollution.

L'ouvrage présente le point de vue technologique de la télédétection pour le spécifique des moyens restreints dont on dispose, découlant des recherches effectuées en collaboration avec la NASA sur le thème, "L'utilisation des données Landsat pour l'investigation des ressources dans le Delta du Danube et dans le Bassin inférieur du Danube" (DaDelta).

ABSTRACT

After briefly reviewing the set of software meant to the thematic processing of video-information, the paper presents some observations and recommendations as a result of using programmes in supervised regime, utilization of the main components (Hotelling, Karhunen-Loève transformation) and other types of data compression and thematic classifications.

Many examples are given regarding results obtained in the specificity of cultivated areas namely in areas with natural-deltaic zones respectively, including interpretations of crops, excess of humidity, in the domains of hydrology and pollution. The paper presents the technological viewpoint of remote sensing in the particular situation of the restricted means we have at our disposal, resulting from the development of the investigation in cooperation with NASA "Use of Landsat data for resources investigation in the lower Basin of the Danube and Danube Delta" (DaDelta).

ZUSAMMENFASSUNG

Nachdem eine kurze Vorstellung von den Softwaretypen gemacht wurde, die für die thematische Bearbeitung der Videoinformation gewidmet sind, werden einige Bemerkungen und Empfehlungen - nach dem Verwenden der Programme in überwachte Regime vorgestellt -

insbesondere mit der Anwendung der Hauptkomponenten (Hotelling-Karhunen Loève Umformung) und andere Typen von Datenkompressionen und thematischen Klassifizierungen. Es werden ein par Beispiele von Ergebnissen vorgeführt, die in den spezifisch Ackerland erhalten wurden, beziehungsweise im Falle der Gebiete mit natürlicher Vegetation-Donaudelta- die auch Interpretationen von Ackerbau enthalten, Wasserübermässigkeiten, im Hydrologiebereich und Umweltverschmutzung.

Im Referat wird ein technologischer Ansichtspunkt vorgestellt, der für beschränkten Mittel die wir besitzen eigen ist und aus dem Verlauf des Forschungsthemas im Kollaboration mit NASA - "Verwendung der Landsatdaten für die Erforschung der Hilfsquellen im Donaudelta und im unteren Flussgebiet der Donau" erhalten wurde.

1. INTRODUCTION

Si l'on passe en revue le chemin parcouru par les technologies de télédétection pendant la décennie précédente et si l'on analyse l'expérience acquise dans l'établissement des cartes thématiques-pour autant qu'elle existe dans les conditions des pays en voie de développement-une série d'observations, d'idées et de propositions pourraient être retenues:

- En constatant que le processus de télédétection est l'un des plus complexes, il résulte que dans le cadre de sa technologie il faut parcourir un trajet à étapes, en ayant recours tant à des traitements analogiques que digitaux, manuel ou automatique, avec des retours dans le cadre du processus, le traitement de fond s'effectuant pourtant aussi par voie digitale;
- En conservant la démarcation entre le traitement de la vidéo-information et l'interprétation/reconnaissance des objets et des phénomènes (même s'il y a des superpositions entre les deux), il faut préciser que dans le cadre de la télédétection l'on a affaire, pendant la première étape de traitement des images, à la réalisation d'une "cosmétique" de ceux-ci (renforcement, égalisations-linéarisations, etc.), amenant l'information dans la situation d'utiliser "la perception automatique" en utilisant d'autres éléments que le sensor optique conventionnel (l'oeil humain), tels que des coefficients de transformation Fourier, des mesurages de distances multidimensionnelles;
- Un grand effort doit être fourni pour rendre compatibles les données du flux informationnel, séquentiel, multiétagé, des différentes zones du spectre, etc.;
- Dans ce contexte, le compactage/compression des données acquiert une importance particulière, visant pratiquement: (a) à réduire les images spectrales multidimensionnelles à un format à dimensions minimales, sous la forme de synthèses pouvant être plus facilement abordées, dans une première approche suivant la conception de traitement et d'interprétation, ce qui conduit implicitement à une économie de temps et de moyens; (b) à créer la possibilité que sur une même bande magnétique l'on enregistre 3 cadres séquentiels (dont la registration aurait été réalisée au préalable) ou un nombre de 12 bandes spectrales par exemple, provenant du même canal, ou que l'on réalise différentes autres combinaisons nécessaires aux buts de la thématique évoluée; (c) à réorganiser l'information d'une manière plus appropriée

et à assurer ainsi un accès plus rapide aux traitements; par exemple les valeurs des niveaux de gris des pixels peuvent être entrecroisées, respectivement présentées de manière séquentielle; on a réalisé à cet effet les programmes "sel" et "sume" pour la réorganisation de l'information contenue sur les bandes CCTS NASA, dans le système pratiqué par ESA-Fucino;

- Il est évident que, surtout dans les conditions des moyens restreints où l'on est placé, la seule voie à suivre est le travail en régime supervisé, interactif, à possibilités de contrôle direct sur le parcours, où il serait souhaitable de recourir à des doubles déterminations, par le moyen de deux procédés différents;

- Parmi les types de classifications (le classificateur de distance minimale, l'hypercarré n-dimensionnel et la règle de la vraisemblance maximale) nous avons adopté la règle de la vraisemblance maximale avec la classification simultanée des classes d'objets (donc pas d'une façon séquentielle), pour des raisons surtout de nature technologique/opérationnelle; avec cette méthode l'on a déjà gagné une expérience notable;

- Dans le même cadre, il s'est avéré nécessaire d'utiliser des programmes implémentés sur microprocesseurs, par circuits ou roulés sur le calculateur, avec affichage provisoire sur des tubes cathodiques et finalement sur bande magnétique - table traçante automatique, les résultats pouvant être aussi passés sur des bandes magnétiques CCT ;

- Des études expérimentales comparatives dans des conditions contrôlées sont nécessaires pour réaliser les traitements et les interprétations ainsi que pour choisir la/les variante(s) optimale(s).

Dans ce qui suit seront présentés: le processus technologique de télédétection pour le spécifique des moyens restreints dont on dispose, ainsi que les résultats applicatifs obtenus, découlant surtout des recherches poursuivies en collaboration avec la NASA sur le thème de "l'Utilisation des données Landsat pour l'investigation des ressources dans le Delta du Danube et dans le Bassin inférieur du Danube" [1,2,3] .

2. ESQUISSE DES PROGRAMMES DE TRAITEMENT-INTERPRETATION ADOPTES

Dans le cadre du processus de télédétection adopté [2] seront pris en considération les programmes de traitement-interprétation (software), ce qui représente une zone d'activité où les usagers et les technologues bénéficiant des seuls moyens restreints, pouvant apporter une contribution efficiente et significative.

Durant le processus à pas successifs, supervisé, coassisté par l'opérateur, itératif, interactif de traitement-interprétation, on procède à la segmentation de l'ensemble des spectres mesurés à partir d'une connaissance a priori du milieu observé et en utilisant un processus technologique adéquat; on commence par un traitement "cosmétique" des enregistrements, après quoi on passe au compactage/compression des données, en vue d'une meilleure organisation et spécification, pour aboutir en fin de compte aux classifications!

(a) A partir de l'évidence des données concernant les passages satellitaires Landsat ainsi que des enregistrements satellitaires météo de dates proches, on établit d'avance l'influence des facteurs atmosphériques sur les enregistrements Landsat devant être reçus (nébulosité), tout en déterminant les éléments de l'application de corrections dues aux paramètres atmosphériques, compte tenu du fait que les enregistrements météo utilisés se trouvent dans la bande thermique; dans une première étape on emploie des enregistrements météo analogiques portés à l'échelle 1:1.000.000, tout en procédant à des mesurages densitométriques comparatifs (sur l'appareil IC) dans les zones d'échantillonnage - surtout au-dessus du grand profil deltaïque [2] pour que, par la suite, l'on ait recours aux enregistrements météo digitaux;

(b) On fait des mesurages densitométriques sur les zones d'échantillonnage à (IC), dans une première étape, afin de constater l'allure générale des densitogrammes, tandis que pour des déterminations de précision on réalise des mesurages densitométriques superposés dans les 4 bandes spectrales (programme Densup) à partir des CCT avec affichage sur imprimante, respectivement à la table traçante automatique (fig.1), afin de départager les niveaux de gris, de sorte que, plus tard, on puisse effectuer les affichages niveau par niveau ou aussi proches que possible de cette situation.

(c) Par la suite, les enregistrements sont affermis et égalisés, surtout en uniformisant les histogrammes et en les spécifiant, ce qui représente une première approche en vue de départager les classes.

On dresse à cet effet, à (IC), des histogrammes pour les zones d'échantillonnage, en utilisant le curseur; ces histogrammes sont réalisés dans chaque bande spectrale (dans une première étape dans la bande ou les bandes spectrales représentatives) en vue de leur mise en équation et de leur comparaison visant à établir le degré de variabilité

des échantillons ce qui représente un critère d'acceptation des échantillons appartenant à une certaine classe.

Comme on le sait, l'uniformisation (égalisation, linéarisation) de l'histogramme conduit à un accroissement du domaine dynamique des pixels, ce qui a un effet considérable sur l'apparence de l'image; la méthode réalise en fait une redistribution des niveaux de gris, de telle manière que l'histogramme résultant et presque rectangulaire; les histogrammes - les originaux aussi bien que les uniformisés - peuvent être retenus dans le mémoire en vue de comparaisons ou confrontation ultérieures, tant entre les échantillons appartenant à la même classe qu'avec ceux qui se trouvent à la banque des données, compte tenu des conditions

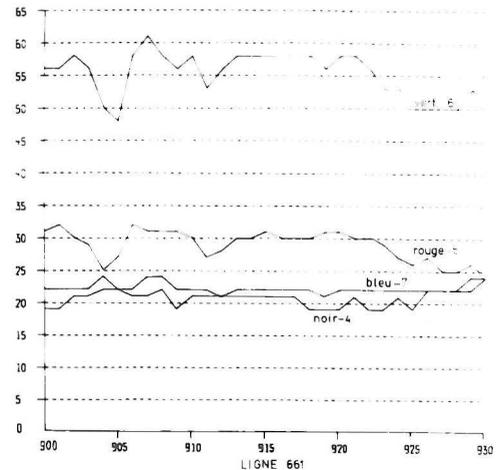


Fig.1 Densitogrammes à 4 bandes spectrales affichées à la table traçante automatique à partir des CCT

conditions spécifiques ceci permet de saisir les changements dans les signatures spectrales des zones d'échantillonnage, ce qui a pour effet une amélioration de la banque de données; l'expansion de ces échantillons - surtout après l'opération de "spécification directe" de l'histogramme - conduit à des classifications bien meilleures dans les zones appelées "extensives" et ensuite dans l'ensemble de la zone. L'opération visant à uniformiser l'histogramme peut être réalisée automatiquement, mais avec l'intervention de l'opérateur pour le groupement des niveaux de gris.

(d) Dans cette étape, le problème posé est d'assimiler l'histogramme à un modèle connu - distribution gaussienne, log-normale, Rayleigh-uniforme, suivant les caractéristiques de l'échantillon provenant de la banque de données standard; dans cette situation il faut procéder à une intervention manuelle dans le sens de la spécification directe de l'histogramme; cela veut dire que si l'image souhaitée (celle de l'échantillon) est connue-disponible, ayant elle-aussi les niveaux égalisés, on se trouve en présence de deux transformations:

$$s = T(r) \quad (1) \quad \text{et} \quad v = G(z) \quad (2)$$

Dans les relations (1) et (2), à droite, on trouve les fonctions de distribution cumulatives pour l'enregistrement analysé et respectivement pour l'échantillon standard; en appliquant le processus inverse:

$z = G^{-1}(v)$ mais en remplaçant v par s , alors $z = G^{-1}(s)$ et par suite $z = G^{-1}[T(r)]$ réalisant la liaison entre r et z ; il est évident que si $G^{-1}[T(r)] = T(r)$, alors l'expression se réduit à la mise en équation de l'histogramme et par suite, la dernière expression montre qu'on peut faire directement la spécification de l'histogramme; la fonction G^{-1} pourrait équivaloir à un véritable filtre de transformation.

L'opération ci-dessus demande pourtant beaucoup d'attention ainsi que la présence et l'intervention efficace de l'opérateur. La meilleure solution serait la réalisation d'un système interactif; pour le moment les essais sont faits directement au calculateur.

Il faut mentionner que l'intervention du filtre G^{-1} ne conduit pas à la fonction exacte souhaitée mais à une approximation aussi bonne que possible; en fait, l'image analysée provenant toujours de la zone d'échantillonnage, cela signifie qu'elle contribuera finalement à son tour à l'amélioration et à une spécificité accrue de l'échantillon "standard".

Dans certaines situations plus tranchantes, l'opération d'expansion par assimilations à des fonctions de densité de probabilité classiques, conduit directement à des classifications et par suite le processus technologique se trouve finalisé.

(e) Pour la vérification, les images à analyser sont renforcées-égalisées par: expansion par l'extension des niveaux de densité ("stretching"), respectivement par "découpages en tranches de densité" pouvant être réalisés à l'appareil IC [4]; c'est ainsi que les brillances continus des signaux deviennent quantifiables

et il est possible de fixer un certain niveau de brillance L comme valeur-seuil et d'afficher le signal en blanc s'il correspond à un certain niveau au-dessus du seuil et respectivement en noir si son niveau se trouve au-dessous de la valeur L ; l'opération peut être soit manuelle soit automatique en utilisant IC; de même le signal peut être renforcé de façon binaire, toujours à l'installation IC soit dans le seul curseur soit par expansion sur toute l'image.

(f) On établit des histogrammes bi et tridimensionnelles à partir des valeurs égalisées spécifiées, dans différentes combinaisons, afin d'observer le groupement des classes et de surveiller directement les zones de superposition et de départagement; les programmes histo bi et tridimensionnels ne peuvent être roulés que sur le calculateur, devant être aussi affichés aux moniteurs ordinaires.

(g) L'étape suivante consiste en la détermination des principales composantes des vecteurs de zones d'échantillonnage par une transformation linéaire appliquée à ceux-ci - la transformation Hotelling, Karhunen-Loève - qui, comme on le sait, est basée sur les propriétés statistiques des enregistrements et sert à la compression des données et à l'application de rotations pour un meilleur départagement de classes.

En fait, étant donné que le traitement des données ne peut se réaliser complètement pour l'ensemble des enregistrements mais seulement pour les zones test, il est nécessaire de réduire, dans une première étape, la multidimensionnalité spectrale à un nombre convenable de composantes qui, sans beaucoup perdre de l'information (quelques pourcentages) puisse offrir un ensemble synthétique destiné à permettre de trouver les meilleures voies de traitement et d'interprétation.

De l'expérience acquise il ressort qu'au cas des enregistrements Landsat, les PCTs contiennent plus de 99% de l'information en utilisant les deux premières composantes et respectivement 95% environ, en cas d'utilisation de la seule première composante principale.

Si l'on applique aussi une rotation des axes de manière à ce que les grands axes des ellipses groupant les éléments de différentes classes deviennent parallèles au nouvel axe CP_1 , l'on obtient alors en projection des distances maximales entre les zones caractéristiques des classes faisant l'objet du traitement-interprétation. Une telle représentation permettra à la fois une généralisation plus facile des concours des zones caractéristiques des classes, dans le but de la classification des éléments de l'image toute entière, à partir de l'échantillonnage. Il faut remarquer qu'une fois l'échantillonnage mis au point pour une certaine thématique, il pourra être utilisé à l'interprétation de n'importe quelle image, compte tenu évidemment des variations saisonnières concernant certaines classes.

Dans le même sens il devient possible de raffiner le processus en utilisant le système de banques de données qui permettent l'observation même des variations ayant lieu dans le cadre des cycles phénologiques, par la comparaison des principales composantes.

Les affichages à l'installation IA [4] en couleur -composé, en utilisant des images à histogrammes égalisées sont également intéressants; on applique d'abord aux images des transformations

du type des principales composantes et celles-ci, une fois obtenues, sont renforcées et utilisées par la suite comme composantes de la variante en couleurs.

(h) Les classifications qui utilisent la règle de la vraisemblance maximale ont été adoptées en employant la classification simultanée des classes d'objets (d'une manière non-séquentielle), à partir de considérations surtout technologiques et opérationnelles; avec cette méthode on a déjà accumulé une expérience notable quoique le temps nécessaire au roulage du programme sur le calculateur soit comparativement assez long.

Le programme Verosmax est conçu en vue d'obtenir au calculateur, par des techniques d'"instruction", les cartes à classifications correspondant aux cartes thématiques, en utilisant deux systèmes de reconnaissance des structures basés sur la règle de décision de vraisemblance maximale. Le programme Verosmax fait appel à deux programmes: celui d'instruction pour la vraisemblance maximale Instrv et celui de classification selon la vraisemblance maximale Clasv.

Les organigrammes pour les opérations (b),(c),(f),(g),(h) sont données dans l'annexe I: (A) Dslin, (B) Constrast, (C) Tranchant, (D) Histo 3, (E) TCP, (F) Clasv.

3. RESULTATS OBTENUS

-La classification et l'établissement des cartes des composantes des écosystèmes naturels dans le spécifique du Delta du Danube se sont effectués pour une zone complexe de 25x50 km, visant à départager 9 classes d'objets relatifs aux plans d'eau (lacs, le Danube), différents types de végétation (cannaies et jonchaies, végétation flottante, forêts de différentes essences, etc.), des superficies couvertes de sables hauts ou bas, etc.; l'expérience a eu un caractère de test en vue d'élaborer une série de classes permettant l'utilisation des données Landsat pour l'établissement périodique et automatique des cartes contenant les principales entités des écosystèmes du Delta du Danube. On a fondé à cet effet une station-pilote située sur le grand profil deltaïque même; dans une première étape on a obtenu une classification correcte de 90%, le processus devant être raffiné par la suite pour des déterminations de détails (les végétations flottantes, l'état des rhizomes après la récolte, la vulnérabilité du paysage naturel, le régime côtier, la turbidité, etc.).

La fig.2 offre en guise d'exemple le résultat de cette opération sous la forme d'une image en noir et blanc (l'original étant en couleur).

- L'établissement des cartes du paysage agricole s'est effectué de façon expérimentale pour une superficie de 700 km carrés, visant principalement l'identification des plus importantes cultures (de maïs, tournesol, soya) des terres labourées, ainsi que de l'excès d'humidité et de salinité. Les grandes cultures ont été correctement identifiées (pour 90-95%) lorsque leur état végétatif était bon et quand elles présentaient une densité élevée à l'intérieur des parcelles visées (il faut remarquer que la dimension moyenne des parcelles est de 1500x750 m); on peut également considérer comme satisfaisants les résultats des

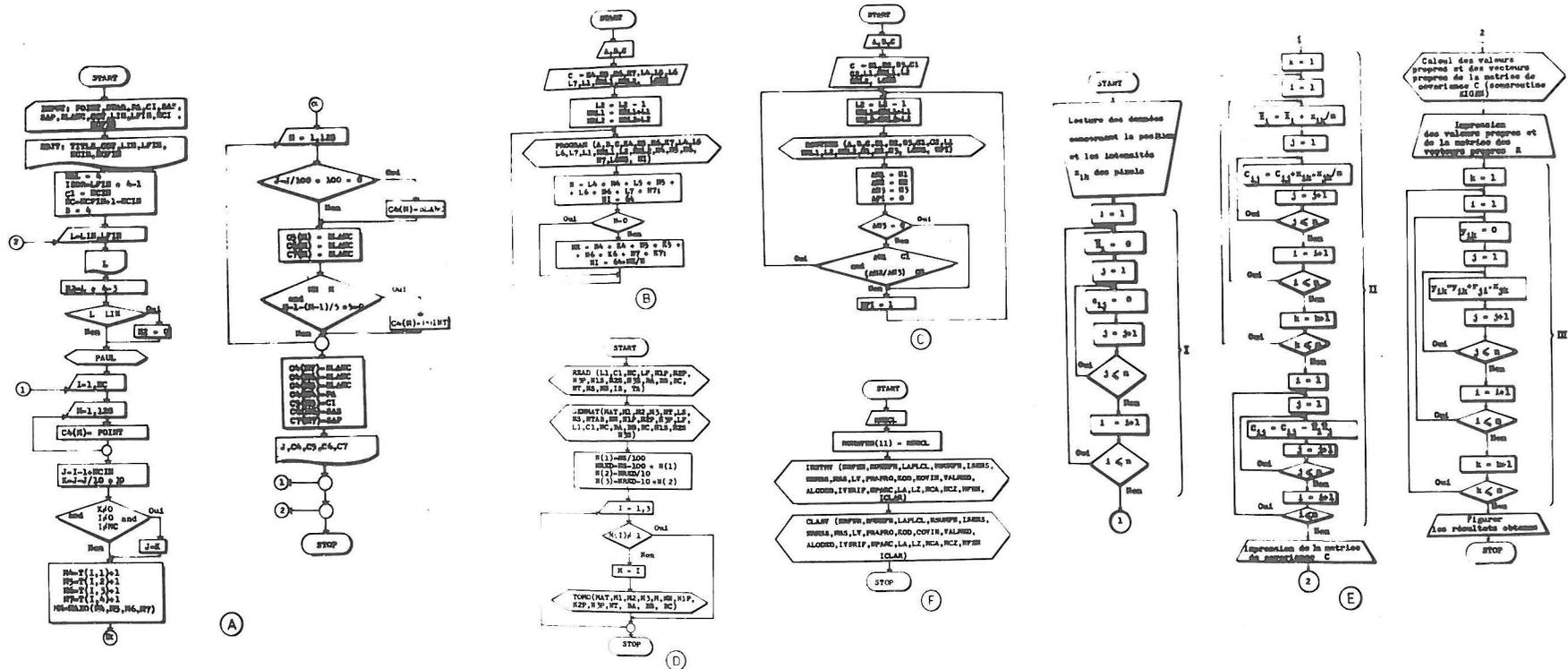
classifications concernant l'excès d'humidité et de salinité. Les données pluritemporelles, recueillis à différentes périodes de l'année (au printemps et en automne pour les cartes des sols ou des périodes de végétation spécifiques aux cultures agricoles et à la végétation naturelle) contribuent de manière décisive à la formation de la banque de données et implicitement à l'élévation du degré de précision des identifications-classifications. Dans la fig.3 on indique le résultat de l'établissement des cartes sous la forme d'une image en noir et blanc (l'original étant en couleurs).

En conclusion, il faut retenir ce qui suit:

- L'expérience déjà acquise dans les conditions données nous conduit à des traitements et des interprétations en régime supervisé, par étapes;
- La séparation des zones d'intérêt en un certain nombre de catégories, dès le début, abrège le cycle de travail et augmente par la suite la précision des déterminations;
- On confirme que le degré d'efficacité du processus interactif supervisé est d'autant plus élevé que le dialogue est plus rapide et qu'il est entretenu par des moyens adéquats;
- Etant donné que le poids du "software" s'accroît sans cesse, il est nécessaire que la partie technologique générale de la télédétection aussi bien que la partie thématiquement orientée fassent l'objet d'un échange d'expérience continu et opératif; nous exprimons à ce sujet notre désir de contribuer effectivement à l'imitation et au déroulement d'un tel système de travail qui constitue un important support de la télédétection dans les pays en voie de développement.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Oprescu N. & al. "Use of Landsat data for resources investigation in the lower Basin of Danube and the Danube Delta". Program Dadelta in cooperation with NASA, 1975-1977; Final Report 1977;
- [2] Oprescu M., Măndescu E. "Résultats obtenus dans l'inventaire des ressources du Bassin inférieur du Danube et dans le Delta du Danube par télédétection; technologies adaptées au cas des moyens restreints". Proceeding of an international conference on Earth observation from space and management of planetary resources, Toulouse, 1978;
- [3] Calistru V. "Map compilation and revision using remote sensing". Doctorat thesis, Bucharest, 1979; 124 pp;
- [4] N.Oprescu, E.Măndescu "Considerations sur le hardware et le software de l'installation de traitement et de conversion de la vidéoinformation; quelques résultats obtenus; XIV-e Congrès international de photogrammétrie, Hamburg, 1980;
- [5] Rapports des instituts inclus dans le programme de télédétection, Buletin de Teledetectie, nr.11-20 (1977-1980), Bucharest, Laboratoire de Télédétection.



Les organigrammes pour: (A) Dslin, (B) Contrast, (C) Tranchant, (D) Histo 3, (E) TCP, (F) Clav