

MICHEL C. GIRARD

Institut National Agronomique
Paris-Grignon

TRAITEMENT INFORMATIQUE DES UNITÉS DE PAYSAGE DÉTECTÉES PAR PHOTOGRAPHIES-BALLON

INTRODUCTION

Il est assez difficile d'appréhender le milieu naturel d'une façon synthétique. En effet, ce n'est pas une superposition de documents qui peut donner une idée globale du milieu. Dans ce domaine, il semble que les photographies aériennes aient un rôle particulièrement important à jouer. Mais ces documents doivent avoir deux qualités:

- être assez précis pour distinguer les parcelles de dimensions moyennes pour la zone étudiée;
- recouvrir une zone suffisamment grande afin de pouvoir mettre en valeur les relations des divers paysages, et donc de les comprendre.

Les photographies aériennes dont l'échelle est supérieure au 1 : 50 000^{ème} ne correspondent pas au deuxième critère; et celles provenant de satellites, ne remplissent pas la première.

Pour la France, les photographies provenant de vols-ballon à l'échelle du 1 : 400 000^{ème} agrandies pour l'interprétation à une échelle proche du 1 : 200 000^{ème} semblent particulièrement favorables à une telle étude. D'autres photographies aériennes prises d'avion, à l'échelle du 1 : 120 000^{ème} pourraient aussi convenir.

Les émulsions étudiées sont les suivantes: panchromatique et fausses-couleurs. La bande étudiée se situe dans le sud-est de la France, dans la région de Toulouse. Elle mesure à peu près 200 km de long sur 30 km de large. Ceci représente environ vingt photographies. Chaque cliché a une surface de plus de 150 cm², soit sur le terrain, plus de 60 000 ha.

INTERPRÉTATION

Les unités de paysage: définition

Ce qui apparait le plus sur ces images sont des zones où un certain nombre de facteurs sont semblables. On peut définir un élément de paysage comme étant l'étendue de terrain minimale, telle que le nombre d'éléments nécessaire à sa définition soit maximal. On définit alors une unité de paysage, comme étant l'ensemble des éléments de paysage ayant la même définition. Ces unités de paysage apparaissent assez facilement sur les documents étudiés.

Description des unités

Pour définir correctement les unités de paysage, il est nécessaire d'élaborer un langage unifié, dans lequel les termes utilisés soient les mêmes pour tous, et aient la même signification. Il est donc nécessaire d'établir un glossaire, qui renfermera tous les termes utiles, et qui les présentera sous forme de variables et données. Les variables correspondent aux caractères, et les données aux variations des caractères. Par exemple: L'„Abondance des sols cultivés" est une variable qui comporte cinq données:

Sols cultivés très peu abondants	(l'abondance est alors comprise entre 0 et 10 ⁰ /o)
Sols cultivés peu abondants	(abondance comprise entre 10 et 30 ⁰ /o)
Sols cultivés assez abondants	(abondance comprise entre 30 et 60 ⁰ /o)
Sols cultivés abondants	(abondance comprise entre 60 et 90 ⁰ /o)
Sols cultivés très abondants	(abondance comprise entre 90 et 100 ⁰ /o)

Pour la description d'une unité, lorsque l'on en vient à décrire l'abondance des sols cultivés, on choisit, une des cinq données seulement. Les données s'excluent mutuellement. Par contre, les variables s'adjoignent. Ainsi après avoir décrit l'abondance de ces sols cultivés, on passera à une variable suivante qui est: position de ces sols. Afin de déterminer où s'arrête chaque donnée, on met un point: ceci est un séparateur qui est lu par l'ordinateur.

Le glossaire va être composé de plusieurs variables. Ces variables ont trait à plusieurs chapitres, correspondant à divers éléments du paysage. Pour cette étude ont été retenus les chapitres suivants:

- Géomorphologie (4 variables);
- Réseaux hydrographiques (1 variable);
- Occupation du sol (14 variables);
- Sols (2 variables);
- Géologie-lithologie (4 variables).

Ce premier glossaire qui servira pour cette étude n'est composé que des variables qui différencient les unités de la bande étudiée. Il est évident que pour l'ensemble des unités décrites, il existe des variables qui auraient même donnée, par exemple: absence de pentes très fortes. Ces variables n'ont pas été retenus. Mais pour étendre l'étude à d'autres régions, il faudra tenir compte de ces variables. Le glossaire utilisé n'est donc pas immédiatement généralisable. Cependant, un glossaire satisfaisant à tous les cas peut être mis sur pied, en particulier avec l'aide du glossaire: *Description de l'environnement en vue du traitement informatique* publié par la Société Internationale Informatique et Biosphère.

Chaque unité de paysage est décrite avec des termes les plus usuels possibles. Par exemple: (unité 20, correspondant au Bas-Quercy)

- Paysage de crêtes. Petites. Vallées. En V.
- Réseau hydrographique arborescent pectiné.
- Sols cultivés assez abondants. Sur les adrets. Prairies très peu abondantes. Sans positions préférentielles. Parcelle composé de petits damiers. Parcelles ouvertes. Structure alignée. Sur les ubacs. Forêts assez abondantes. Composées de feuillus.
- Sols de clarté moyenne. Et clairs.
- Roches sédimentaires. Avec de la molasse. Et du calcaire.

Entrée des données

Une telle description n'est entièrement explicite que si l'on connaît le glossaire, mais elle a le mérite de pouvoir être compréhensible. De plus elle peut être prise en compte directement par l'ordinateur, puis traduite par une série de codes par l'intermédiaire d'un répertoire. Elle reste en mémoire sous forme de code sur la bande magnétique, mais lorsque l'on demande par sélection, la sortie de cette unité, elle apparaît sous sa forme littérale, ce qui est nécessaire à la compréhension. Actuellement, les entrées se font sous forme de cartes perforées, où est inscrit le libellé littéral de la description, ce qui évite toute erreur de transcription, erreurs fréquentes si l'on rentre les données directement sous forme de code.

Types de variables

Le codage se fait en fonction du type de variable. En effet, dans une description des unités de paysage, les variables sont de divers types. On distingue:

- Des variables à deux états;
- Des variables qualitatives non ordonnées;
- Des variables qualitatives ordonnées (p. ex. abondance des sols cultivés);
- Des variables quantitatives.

Ces variables doivent être traitées, lors des calculs, différemment. Le glos-

saire actuel ne comporte que des variables qualitatives ordonnées. En fonction du type, chaque variable est codée, et il en est de même pour les données.

TRAITEMENT DES DONNÉES

Les distances de rang

À partir du moment où toute l'information est entrée en mémoire, sous une forme chiffrée, on peut effectuer des calculs. Pour rechercher les liaisons qui existent entre les diverses unités de paysage, on a calculé des distances, puis l'on a cherché à établir une typologie.

Comme l'ensemble des variables sont du type qualitatives ordonnées, il est évident que les distances les plus appropriées sont des distances de rang, dans lesquelles n'intervient que la notion d'ordre.

Si m désigne le nombre d'unités de paysage, m_i est l'effectif de la variable i . Les rangs sont des numéros d'ordre, de 1 à m_i , affectés aux données de x_{ki} d'une variable i . S'il y a des manquants, ils sont notés — 1. Pour les e_i lots d'identiques de la variable i l'affectation des rangs suit la règle suivante: les t_{qi} identiques du même lot q sont remplacés par la moyenne arithmétique des t_{qi} rangs suivants non encore utilisés. La distance est une mesure de dissemblance entre groupes. Elle est comprise entre 0 et 1, est indépendante de la fonction de répartition des variables et est proche de celle de Kendall & Stuart (1966).

$$D_{hk} = \frac{1}{v} \sum_{i=1}^v \frac{(r_{hi} - r_{ki})^2}{I_i}$$

mesure la distance entre le groupe h et le groupe k . La correction:

$$I_i = \left[m_i^3 - m_i - \sum_{q=1}^{e_i} (t_{qi}^3 - t_{qi}) \right] / 12$$

est calculée pour chaque variable à partir de:

m_i — effectif de la variable i ,

e_i — nombre de lots d'identiques pour la variable i ,

t_{qi} — nombre d'identiques dans le lot q de la variable i .

Pour toute distance calculée entre deux unités, c'est pour chacune des variables le carré de la différence entre rangs homologues, divisé par la correction, qui seul intervient. La correction prend en compte, à la fois, l'effectif de la variable, le nombre de lots d'identiques et le nombre d'identiques par lot. Elle est nulle et la variable abandonnée en conséquence

lorsque $t_{gi} = m_i$ c'est-à-dire quand les données sont toutes identiques ou quand il n'y a qu'une seule donnée.

Ces distances de rang sont calculées pour toutes les unités de paysage, prises deux à deux.

Mode de regroupement

On procède alors à un regroupement. Pour la facilité de l'exposé, on appellera constellation tout regroupement d'unités de paysage.

Le regroupement se fait de la façon suivante:

— On assemble les deux groupes présentant la distance la plus faible en une constellation qui va porter le numéro 1. Dans le cas présent il s'agit des unités n° 36 et 40. Pour la présentation, on porte sous les colonnes 36 et 40 le numéro de la constellation: le 1.

— Ensuite on va fondre les deux unités 36 et 40 en une nouvelle unité: 1. À partir de ce moment là, on recalcule des distances entre les 39 groupes restant. On obtient un nouveau tableau de distances, dans lequel, on prend la distance la plus petite: ici c'est entre l'unité 33 et la constellation 1. Dans cette deuxième phase, qui correspondra à la deuxième ligne du tableau de présentation, on a une constellation, la numéro 1, qui comporte trois unités. Ce numéro 1 sera porté dans les colonnes 33, 36, et 40.

— Dans la troisième phase, on recommence le calcul des distances avec les 38 groupes restant. La distance la plus courte existe entre les unités 22, et 30. On constitue alors une nouvelle constellation qui porte le numéro 2. Ce numéro 2 sera porté dans le tableau de présentation en dessous des colonnes 22 et 30, et à la troisième ligne.

— Le procédé va se poursuivre ainsi, jusqu'à ce que toutes les unités soient entrées en constellation, donc pour 40 unités, 39 fois.

— Les constellations vont donc se former au début par agglomération d'unités de paysage. Il en est ainsi pour l'exemple donné jusqu'à la ligne n° 9. Mais ensuite, des constellations vont s'agglomérer à d'autres constellations. C'est l'exemple de la dixième phase.

— Plaçons nous à la dixième ligne du tableau de présentation des résultats, et comparons la à la neuvième ligne. On s'aperçoit que les unités 23 et 24 qui formaient la constellation 6, font partie de la constellation 3. Donc la constellation 3 a absorbé un groupe, comme pour toutes phases, mais avec la différence que ce groupe n'est pas une unité de paysage, mais une constellation. La constellation 3 qui comportait 3 unités de paysage à la ligne 9, en comporte 5 à la ligne 10.

— Les constellations s'absorbant les unes les autres au cours des différentes phases, lors de la dernière phase, la trente-neuvième, toutes les unités de paysage ne formeront plus qu'une seule constellation. Par convention, lors de la fusion de plusieurs constellations, on donne pour nu-

méro de la constellation résultante, le numéro le plus bas des constellations précédemment regroupées. Ainsi, la fusion des constellations 3 et 6 a donné une nouvelle constellation portant le numéro 3; et à la dernière phase, l'unique constellation portera le numéro 1. Enfin, signalons que lorsque le nombre des constellations est supérieur à 9, on prend les lettres pour les désigner: ainsi, la dixième constellation portera la référence A, la onzième un B etc.

Présentation des résultats

À partir du tableau de présentation, qui sort directement de l'ordinateur, on peut établir un dendrogramme plus facile à lire, et où les unités de paysage qui se rassemblent en une constellation se trouvent proches les unes des autres. Il faut alors rechercher à quels niveaux il est bon de faire les diverses coupures qui seront significatives vis-à-vis des phénomènes observés. Le dendrogramme présente 39 niveaux possibles de regroupement, il faut choisir ceux qui sont les plus intéressants. C'est à dire qu'il faut interpréter le dendrogramme.

On ne peut évidemment pas étudier toutes les coupures possibles, ce serait trop long. On peut par contre choisir certains niveaux à priori, puis les interpréter.

Interprétation des résultats

On peut choisir comme premier niveau d'interprétation, celui qui correspond à la phase telle qu'aucune constellation n'ait absorbé une autre constellation. Les constellations qui apparaissent alors ne sont constituées que d'unités de paysage. Ici, on s'arrête à la phase 9, avant que la constellation 6 ne soit absorbée par la constellation 3.

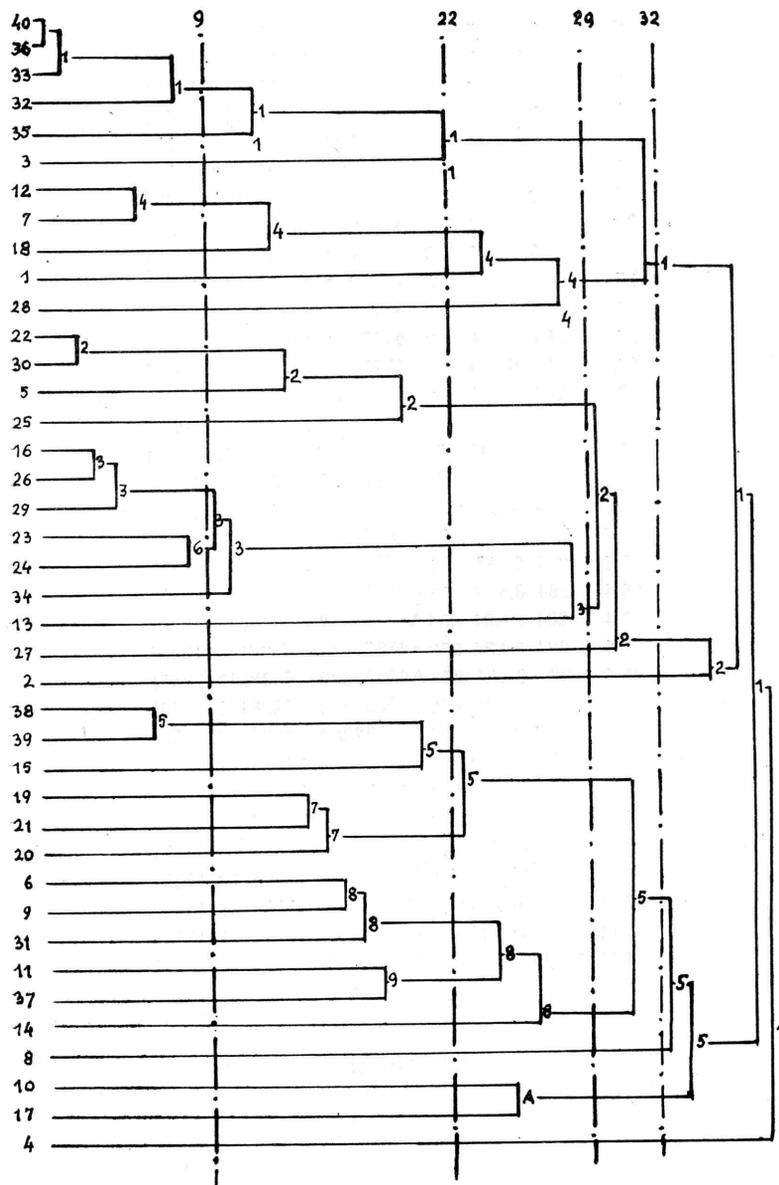
Ensuite on peut s'arrêter chaque fois qu'une constellation va être absorbée par une autre. Dans le cas de cette étude, nous nous sommes arrêtés aux phases 9, 22, 29, et 32 (voir les cartes y correspondant).

À chaque coupure, nous obtenons: des constellations, et des unités de paysage, dont l'ensemble constitue des intersections. Les résultats sont les suivants:

Coupure n°	Intersections	Constellations	Unités
9	31	6	25
22	19	8	11
29	11	7	4
32	7	4	3

stellations existant en même temps ne dépasse pas 8, bien que 10 se constituent;

- Enfin à la 29^{ième} phase, il reste 4 unités de paysage non regroupées; à la 32^{ième} il en reste encore trois: ceci indique que ces trois ou quatre unités sont tout à fait particulières. Le passage de la phase 29 à la phase 32 n'apporte pas beaucoup d'intérêt, ce n'est qu'une petite généralisation.



Dendrogramme donnant les filiations des diverses unités. Coupures

Cartographie des unités de paysage à différents niveaux

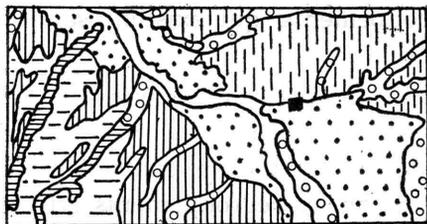


Niveau de la coupure n° 9

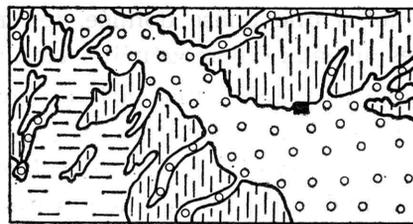


Niveau de la coupure n° 22

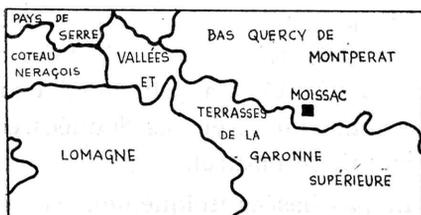
Échelle approximative: 1 : 600 000



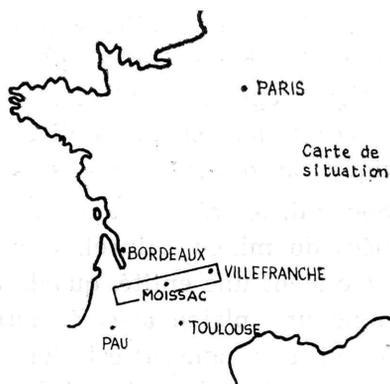
Niveau de la coupure n° 29



Niveau de la coupure n° 32



Carte des petites régions agricoles



Carte de situation

-  Unités non encore regroupées
-  Vallées de la Garonne et du Tarn
-  Basses terrasses
-  Moyennes terrasses
-  Coteaux de Lomagne
-  Petites vallées
-  Bas-Quercy
-  Coteaux de la Garonne
-  Coteaux et Quercy

UTILISATION: LES DIVERS TYPES DE CARTOGRAPHIE

Cette méthode de regroupement peut être appliquée à toute matrice. Il suffit de définir clairement les unités de paysage et les variables qui les décrivent. Ainsi, on peut concevoir que l'on utilise des variables qui proviendraient de descriptions d'unités par photographies aériennes classiques.

Mais l'on peut aussi choisir, parmi les variables décrites précédemment, celles qui relèvent d'un domaine particulier de la biosphère. On peut par exemple ne retenir que les variables ayant trait à l'implantation de l'homme dans la nature c'est à dire le parcellaire et l'occupation du sol, ou bien celles relevant de la végétation, ou encore celles relevant du monde minéral: pédologie et géomorphologie.

Une fois que l'on a choisi des variables, on peut étudier les filiations qui existent entre les diverses unités, à l'aide du dendrogramme. Si l'on se met à une phase donnée, les regroupements qui existent se situent à des niveaux d'homogénéité semblables.

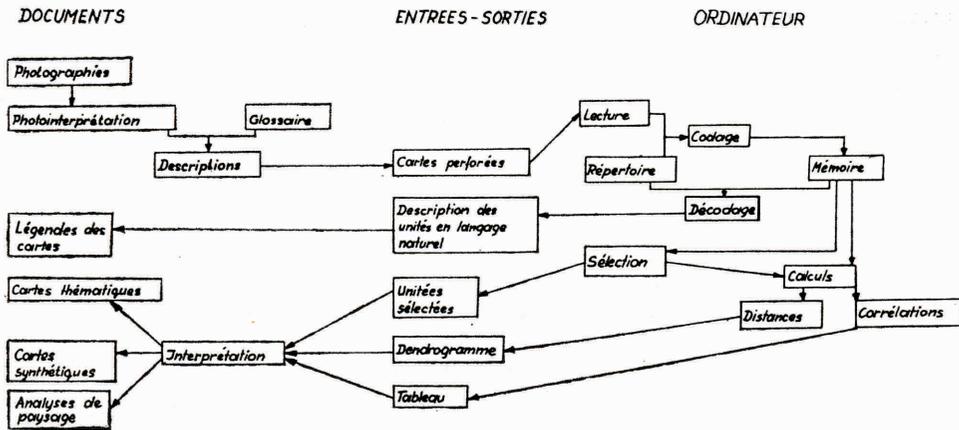
On peut établir une carte où apparaissent les diverses unités de paysage, et ce à divers niveaux de généralisation. Dans chacune des unités retenues on peut connaître exactement le contenu, en relevant l'ensemble des données de chacune de ces unités. Selon les regroupements effectués, les données varient, et plus les regroupements seront vastes, plus les données prendront des caractéristiques floues, ou bien plus l'intervalle de variation de ces données sera grand.

Une fois que ces unités sont définies, on peut estimer que l'on a affaire à une région homogène. Il est possible alors d'établir sur cette base des statistiques agricoles qui cernent mieux la réalité. On peut aussi considérer ces régions comme unités de base pour comparer des données économiques ou sociologiques aux données du milieu naturel.

Souvent, les régions agricoles ne sont pas basées uniquement sur des données du milieu naturel. Il peut être nécessaire, pour qu'une région agricole aient une entité, qu'elle associe plusieurs régions naturelles, par exemple une plaine associée aux petites régions bocagères des cours d'eau qui la sillonne. Il est alors possible de connaître exactement quelle est la proportion de plaine et de cours d'eau prise en compte dans la définition de la région agricole. On peut continuer de prendre cette unité complexe comme base de travail, car on connaît exactement le contenu de ces unités.

En France, nous avons comparé ces unités de paysage aux „petites régions agricoles”. Ces dernières sont bien moins précises que les unités de paysage; il a fallu attendre la coupure 32 pour obtenir une image comparable à celle que donne la carte des petites régions agricoles.

Organigramme du traitement des données des unités de paysage



CONCLUSION

Il faut considérer les photographies-ballon comme un élément tout à fait original, qui se situe entre les photographies aériennes classiques et les images satellites. Ce document ballon ne peut être véritablement étudié que d'une façon synthétique et constitue le document de base pour l'agronome ou le géographe qui cherche à caractériser l'ensemble d'une région.

À partir d'une méthode de regroupement objective et basée sur la description, pour chaque unité, d'un ensemble de variables observées sur les photographies, on peut déterminer et cartographier des unités de paysage qui servent à analyser un milieu. On peut de plus établir les relations qui existent entre les unités et donc établir une structure, assez représentative de la complexité du milieu naturel.

BIBLIOGRAPHIE

- AUBRY A-M., BAUZON D., LOMMERGUES Y., PERRAUD A., VAN DEN DRIESCHE R., 1973: *Measures of rank distances followed by repeated clostring and test of rank correlations in study of biological and chimical data from tropical forest soils (Ivory Coast)*, „Bull. Ecol. Res. Comm.” (Stockholm) 17: 433—442.
- GIRARD M-C., 1970: *Cours de photo-interprétation*, Polycopié. 208 p. I.N.A. P-C. 78850 Thiverval-Grignon France.
- GIRARD M-C., 1970: *Interprétation de quelques facteurs pédologiques à partir de photographies aériennes, en relation avec différentes saisons et différentes émulsions*, S.I.P. C.R. Symp. de Dresde, pp. 925—947, 6 photographies.
- GIRARD M-C., 1972: *Méthodologie de la photopédologie*. Congrès International de photogrammétrie — Ottawa, „Bulletin de la société française de photogrammétrie” n° 48, Paris.
- GIRARD C-M., 1972: *Photographies aériennes et Ecologie agricole*. Congrès International de photogrammétrie — Ottawa, „Bulletin de la société française de photogrammétrie” n° 48, Paris.

- GIRARD C-M., 1973: *Agronomie et télédétection*, Ecole d'été du C.N.E.S., Tarbes.
- GIRARD M-C., 1973: *Les images ballon et l'étude du milieu naturel*, Ecole d'été du C.N.E.S., Tarbes.
- Informatique et Biosphère, 1971: *Glossaire de pédologie, Description de l'environnement en vue du traitement informatique*. 105 rue de Lille, Paris.
- VAN DEN DRIESSCHE R., GARCIA-GOMEZ A-Z., 1972: *Distances non paramétriques entre profils*, „Revue Ecologie-Biologie des Sols”, t. IX, 4, p. 617—628, Paris.

MICHEL C. GIRARD

OPRACOWANIE INFORMATYCZNE JEDNOSTEK KRAJOBRAZOWYCH WYZNACZONYCH PRZEZ FOTOGRAFIE BALONOWE

Streszczenie

Trudności syntetycznego spojrzenia na środowisko geograficzne wynikają z dwóch warunków:

1. nieposiadania dość dokładnych zdjęć lotniczych w celu rozróżnienia średniej wielkości jednostek,

2. braku pokrycia możliwie dużego obszaru zdjęciami porównywalnymi.

Skala zdjęć lotniczych większa od 1 : 50 000 nie spełnia drugiego warunku, a obrazy satelitarne nie realizują pierwszego warunku. We Francji wykorzystano więc zdjęcia balonowe w skali 1 : 400 000 w technice czarno-białej i spektrostrefowej. Przeciętna trasa balonowa liczy 200 km długości i obejmuje 30 km szerokości, co zostaje zarejestrowane na około 20 fotografiach. W celu interpretacji jednostek krajobrazowych przygotowano „klucz”, na podstawie którego można wyznaczyć strefy o podobnych czynnikach. Przyjęto więc następujące działy, rozróżnialne na zdjęciach balonowych:

- 1) geomorfologia (4 czynniki),
- 2) hydrografia (1 czynnik),
- 3) użytkowanie ziemi (14 czynników),
- 4) gleby (2 czynniki),
- 5) geologia—litologia (4 czynniki).

Porządkując dane ze zdjęcia balonowego na podstawie tak przygotowanego programu, można za pomocą maszyny cyfrowej uzyskać wyniki w postaci taśmy magnetycznej, wydruku literowego, taśmy perforowanej itp. Opracowanie danych służy tutaj do wyznaczenia typologii krajobrazowej. Poszukując połączeń między poszczególnymi cechami, wykorzystano zmodyfikowaną metrykę odległości, podobną do wzoru Kendala i Stuarta. Przegrupowując dane, korzysta się z podobieństwa jednostek krajobrazowych i tworzy konstelacje. Wyniki drukowane przez maszynę cyfrową mają postać dendrogramu, łatwego do odczytania. Interpretacja dendrogramu prowadzi do szybkiego ustalenia odrębnych jednostek i do wydrukowania map o różnych poziomach powiązań między jednostkami.

Do celów rolniczych taki typ opracowania jest zupełnie wystarczający, a dalsza analiza sprzążeń zwrotnych między elementami krajobrazu umożliwia całkowitą charakterystykę środowiska geograficznego.

MICHEL C. GIRARD

INFORMATIONAL ELABORATION OF LANDSCAPE UNITS DETERMINED BY BALLOON PHOTOGRAPHY

Summary

Difficulties encountered in forming a synthetic picture of a geographical environment are governed by two conditions:

1) absence of sufficiently accurate aerial photographs for differentiation of units of medium size,

2) lack of comparative photographs covering as large an area as possible.

A scale greater than 1:50 000 for aerial photography does not fulfil the second condition, while satellite images do not fulfil the first condition. For this reason balloon photography has been used in France, giving prints of scale 1:400 000 in black-and-white and spectrozone technique. The average balloon flight was 200 kilometres and covered a strip of 30 kilometres width, and this area was recorded on about 20 photographs. In order to interpret the landscape units a „key” was prepared, on the basis of which zones with similar factors may be delineated. The following divisions were assumed, distinguishing on the balloon photographs:

- 1) geomorphology (4 factors),
- 2) hydrography (1 factor),
- 3) land use (14 factors),
- 4) soils (2 factors),
- 5) geology—lithology (4 factors).

Hence a total of 25 variables are involved.

Evaluating the data obtained from balloon photography on the basis of a programme prepared in this way, with the help of a computer results may be obtained in the form of magnetic tapes, printed sheets, perforated tape etc. Processing of this data serves for typological classification of the given landscape. To determine the relations between the various characteristics, a modified distance chart was used, similar to the formula of Kendal and Stuart. Similarity observable between the landscape units forms the basis for determining groups and then constellations. Computer printed results are in the form of a dendrogram, easy to read off. Interpretation of the dendrograms provides rapid delineation of individual units and facilitates the printing of maps with various levels of relations between the units.

For agricultural purposes an elaboration of this type is entirely sufficient, and further analysis of the mutual relations existing between the elements of the landscape enables a completer description of the geographical environment to be prepared.