

INFORMATIQUE GÉOGRAPHIQUE ET CARTOGRAPHIE

CONCEPTS ET ÉTAT DES CHOSES EN URSS

par Victor I. Semenov, Olga I. Solntseva et Vladimir S. Tikunov (Service général de géodésie et de cartographie de l'URSS, Université d'Etat de Moscou M.V. Lomonosov)

◆ Résumé

On cite les concepts principaux de la cartographie et de l'informatique géographique modernes qui prévalent en URSS. On présente les principales phases d'évolution des systèmes d'information géographiques dans le monde entier. On note le rôle du matériel technique et de l'organisation, ainsi que du logiciel pour les travaux de ces disciplines. On donne un bref aperçu des travaux récents dans le domaine de l'informatique géographique en URSS. On montre les tendances principales de l'évolution des systèmes d'informations géographiques (SIG).

◆ Abstract

Basic concepts of geoinformatics as they are understood by the authors, principal stages and trends of its development in the URSS are given in the paper.

L'informatique géographique groupe les principes, la technique et la technologie d'obtention, de collecte, de transfert et de traitement des données. C'est un moyen d'obtention à la source d'une information et de connaissances nouvelles sur les phénomènes spatiaux temporels. L'informatique géographique s'est formée au sein de la géophysique et de la cartographie, des mathématiques et de la cybernétique de l'informatique et de la linguistique. L'information géographique, par laquelle on entend le contenu d'un message ou d'un signal, de même que les données (géographiques, cartographiques, statistiques et autres) considérées au cours de leur transfert ou de leur perception par un homme (ou par un dispositif de reconnaissance), joue le rôle clé dans l'informatique géographique.

Par suite de la nécessité d'étudier les questions relatives à l'obtention, la collecte et le traitement de l'information géographique, on a introduit un nouveau terme : technologie géoinformationnelle. Il concerne les moyens techniques modernes de collecte, de stockage et de traitement de données spatiales temporelles. Les composantes suivantes sont à la base de ces moyens

- systèmes de télédétection de la Terre (STT);
- banques de données (BD);
- systèmes cartographiques automatisés (SCA);
- systèmes d'informations géographiques (SIG);
- systèmes d'intelligence et experts.

La banque de données (BD) est un ensemble de bases de données unifiées pour l'usage commun et commandées par un système spécial (système de gestion de bases de données - SGBD).

Les bases de données représentent un ensemble de collections de données (fonds informationnels) affecté d'un nom qui indique de façon assez complète et sous format numérique, l'état des objets, des phénomènes naturels et sociaux, leur disposition spatiale, leurs rapports réciproques, les propriétés et la variation dans le temps. Les bases de données cartographiques (BDC) ont pris une grande ampleur.

Le poste de travail de cartographie automatisée (PTA) représente souvent la base du matériel technique des systèmes cartographiques automatisés en URSS. C'est un appareil analogique de restitution qui comporte un balayeur et une «vidéocarte», un ordinateur, un numériseur, un scanner, un traceur-imprimante (plotter), un dispositif d'enregistrement et de stockage de données. La composition de l'équipement du poste de travail automatisé peut varier dans une grande mesure tant en quantité d'unités techniques qu'en paramètres qualitatifs, en fonction des objectifs et des tâches.

Un système cartographique automatisé peut comporter un ou plusieurs PTA de configuration différente, rassemblés en réseaux structuraux (en étoile, en anneau, linéaires, en forme de racine, en forme de méandre), au moyen d'un ordinateur et de moyens de liaison. A côté de l'ordinateur, des appareils téléphoniques et télégraphiques, des systèmes de traitement de texte, des systèmes de recherche informationnels et des systèmes d'informations géographiques peuvent être branchés à ces réseaux. De ce fait, les cartographes communiquent en permanence et indépendamment de la distance, grâce à la poste électronique, et ont un accès permanent aux bases de données et aux centres de calculs communs.

La mise au point d'une technologie géoinformationnelle est une phase inévitable de l'évolution de l'informatique géographique. Elle représente le domaine de la principale application du matériel de calcul et des moyens d'automatisation dans la géographie et la cartographie. En vue d'organiser un ensemble de règles d'utilisation du matériel informatique, techni-

SEME NOV Victor Ivanovitch : candidat ès Sciences techniques, chef du service des liaisons scientifiques et techniques internationales du Service général de géodésie et de cartographie auprès du Conseil des Ministres de l'URSS;

SOLNTSEVA Olga Ivanona : aspirante à la chaire d'utilisation rationnelle des ressources naturelles de la faculté de géographie de l'Université de Moscou;

TIKUNOV Vladimir Sergueïevitch : docteur d'Etat en géographie, chargé de cours à la chaire de cartographie et d'informatique géographique de la faculté de géographie de l'Université de Moscou.

que et des logiciels destinés à un système de généralisation, ainsi qu'à une argumentation scientifique des divers aspects géographiques, économiques, sociaux et juridiques de fonctionnement des géosystèmes, on utilise largement des **systèmes d'informations géographiques (SIG)**.

La base de connaissances (BC) est un ensemble organisé de connaissances (faits, données générales et statistiques, langage, lois et règles) dans le domaine de la géographie, de la cartographie, de la population, du cadastre d'Etat, ainsi que d'autres connaissances.

Elles peuvent être représentées sous forme de modèles théoriques de comportement, constamment dirigé vers le but d'un système automatisé ou d'un homme, en vue de la réalisation d'un traitement d'une information géographique. Traitement compliqué au point de vue structural dans les processus de monitoring, de cartographie et d'étude, ainsi qu'en cas de résolution de différents problèmes appliqués utilisant des systèmes expert, par exemple. Telles bases de connaissances forment généralement des bases de connaissance de deuxième niveau ou de métaconnaissances qui sont nécessaires pour être utilisées dans les **systèmes d'intelligence d'avenir (SI)**. Les métaconnaissances permettent un auto-apprentissage des systèmes d'informations géographiques et cartographiques automatisés. Elles sont basées sur l'expérience acquise dans l'analyse, le contrôle et l'adoption des décisions prises au cours de l'étude et du monitoring des objets et des phénomènes de l'univers réel.

Il y a déjà 30 ans qu'ont été conçus des systèmes d'informations géographiques. Le premier système d'informations géographiques du Canada (CIGC) est apparu au début des années 1960. Les recherches analogues en URSS ont débuté deux décennies plus tard et, jusqu'à présent, les travaux sont souvent liés à une adaptation des expériences étrangères. Les premières monographies concernant les SIG n'ont vu le jour dans notre pays qu'au milieu des années 1980 (Trophimov, Panassuk, 1984; Kochkarev, Karakine, 1987).

Les systèmes de recherches informationnels cartographiques automatisés (SRICA) ont servi de base pour concevoir des SIG. On les considère comme la première phase de l'établissement automatisé et de l'utilisation des cartes. Plusieurs savants incluent dans les fonctions des SIG les blocs de simulation mathématique et cartographique de reproduction automatisée des cartes (Kochkarev, Karakine, 1987 et autres). En considérant la carte en tant qu'instrument d'étude géographique et en séparant un sous-système du système en usage, les SIG se mettent à englober aussi le domaine d'étude des cartes. La plupart des SIG, qui se comptent par centaines dans le monde entier, incluent dans leurs fonctions l'établissement des cartes ou utilisent des documents cartographiques en tant que sources d'informations. De ce fait, les problèmes de conception des SIG sont étroitement liés à ceux de la cartographie moderne (CM).

La cartographie moderne s'est formée, en tant que science indépendante, en corrélation avec :

- le passage à la cartographie et à l'étude complexe de la Terre
- l'automatisation de la cartographie
- la modification des conceptions méthodologiques de l'obtention, basées sur un système d'approche structuré du traitement mathématique, du stockage et de la reproduction de données cartographiques
- la création de bases de données cartographiques et la réalisation de nouveaux produits cartographiques
- cartes et atlas électroniques.

Les principes théoriques de la cartographie moderne se basent sur les sciences fondamentales telles que les mathématiques, la cybernétique, la théorie d'information. La technologie de la cartographie et les méthodes cartographiques de recherche sont considérées par la cartographie moderne en liaison étroite avec les sciences (géographie, géodésie, géologie) et les disciplines connexes (topographie, prise de vues aérienne, télédétection de la Terre, stéréophotogrammétrie). D'autre part, le processus d'automatisation de la résolution des problèmes de géographie, de géologie et d'autres sciences connexes a évolué en utilisant les techniques et procédés de simulation cartographique. L'influence réciproque de ces sciences et disciplines englobe des aspects théoriques, méthodologiques et conceptuels de la cartographie moderne.

Les disciplines scientifiques et techniques de la cartographie moderne ont pour objet la conception des moyens et des procédés d'automatisation de la cartographie, ceux de l'analyse et de l'interprétation des images cartographiques, ceux de l'établissement et de l'utilisation des cartes et autres.

A en juger d'après la littérature, les tâches principales de la cartographie moderne soviétique consisteront

- à créer les banques de données cartographiques
- à réaliser de nouveaux produits cartographiques (cartes et atlas électronique sur compact-disques)
- à concevoir les systèmes experts d'intelligence cartographiques et d'informations géographiques, qui feront partie des systèmes automatisés de gestion des grands complexes agro-industriels et territoriaux de production, des groupements science-production et des systèmes de protection de l'environnement et d'autres.

Il est bien connu que les principales conceptions de création des systèmes d'informations géographiques se sont formées dans le monde entier depuis la fin des années 60 et jusqu'au début des années 80. Les technologies géoinformationnelles se basaient sur les moyens modernes d'automatisation des procédés cartographiques, de simulation mathématique et cartographique, et d'un système d'approche de la géographie et de la cartographie. Les raisons de la conception et l'historique de l'évolution des systèmes d'informations géographiques sont examinés par Burrough (Burrough, 1986).

Un procédé simple d'étude cartographique, concernant les cartes des ressources, a été découvert en superposant des calques de reproduction et en examinant les limites coïncidant avec celles des cartes originales isolées. Un architecte paysagiste américain Yan Mc Harg (Mc Harg, 1969) était un des représentants les plus connus de cette technique. En 1963, un autre urbaniste américain Howard T. Fisher a utilisé un ordinateur pour établir des cartes simples par impression de données statistiques dans un réseau régulier d'une feuille de plan. C'est lui qui a mis au point ultérieurement le programme SYMAP de simulation des cartes sur la base des données statistiques et de leur impression en noir et blanc, au moyen d'une imprimante graphique (Sheehan, 1979). Fisher a pris la direction du laboratoire de tracé automatique et d'analyse spatiale de l'université de Harvard. Là, ont été mis au point les programmes bien connus GRID et IMGRID, qui permettent une réalisation du travail manuel de Mc Harg au moyen d'un ordinateur.

Les premiers programmes relativement simples de traitement mathématique de données cartographiques ont été destinés à une analyse rapide et simplifiée de données dans un réseau (grille), dont les résultats ne pouvaient être visualisés qu'à l'aide d'une imprimante ligne par ligne non sophistiquée. Plusieurs cartographes ont refusé de prendre ces résultats pour les cartes, et continuaient de se servir des techniques traditionnelles. Néanmoins, on poursuivait la conception des premiers systèmes d'informations géographiques tels que les SIG suédois ou le canadien qui, jusqu'à présent, est un des systèmes les plus efficaces de traitement des collections de données importantes. Au cours des années 60 et de la première moitié des années 70, tous les SIG ont été adaptés spécialement aux demandes d'un usager. En 1977, Rhind a formulé les principes d'emploi et d'utilisation des ordinateurs pour la cartographie, par exemple :

- pour une production plus rapide et moins coûteuse des cartes existantes
- pour une production de cartes à emploi spécial, dont l'établissement manuel est compliqué, et de cartes où les procédures de sélection et de généralisation ont été strictement définies et formulées de façon étoffée
- ainsi que pour commander tout le procédé d'établissement des cartes (Rhind, 1977).

L'introduction de matériel de calcul dans la cartographie n'était pas toujours approuvée et ne donnait pas un effet économique instantané. Le matériel nouveau était extrêmement cher, ce qui aboutissait logiquement à une idée de réduction de personnel pour compenser ces frais. Mais dans le même temps, cela s'est avéré impossible. En plus, les achats de matériel induisaient l'embauche de personnel de service, la rapidité d'utilisation des systèmes a provoqué de grands doutes sur leur utilité économique. Les moyens nouveaux étaient introduits sans que des modifications structurelles dans l'organisation du travail soient réalisées; le développement technique était en avance sur celui du management.

Dans les années 60 et 70, on a dégagé deux tendances principales d'introduction de l'informatique dans la cartographie : premièrement, l'automatisation

des procédés de fabrication des cartes, en mettant l'accent sur la qualité des produits finis; deuxièmement, l'établissement des cartes en accentuant l'analyse spatiale au prix de bons résultats graphiques. Cela a reflété dans une grande mesure les possibilités techniques des systèmes de l'époque (Burrough, 1986). On a procédé ultérieurement à la conception de systèmes à usage banalisé destinés à des usagers divers. Des investissements gouvernementaux importants et une initiative privée ont abouti à un développement intensif des SIG. Les moyens techniques nécessaires étant déjà mis au point, on a appuyé sur le développement du logiciel.

Au début des années 80, aux Etats-Unis, ont déjà été conçus 1000 SIG à emploi divers (on en prévoyait 4000 vers l'an 1990). En Europe, l'introduction des SIG avait un caractère moins important, mais plusieurs pays tels que la Suède, la Norvège, le Danemark, la France, les Pays-Bas, la Grande-Bretagne et l'Allemagne Fédérale ont obtenu de très bons résultats. C'est à cette époque-là que les données des prises de vue de satellites sont apparues et ont été largement utilisées. Simultanément, on perfectionnait les techniques de collecte, d'analyse et de représentation automatiques de données dans plusieurs domaines, ce qui a multiplié les efforts de divers organismes dans cette orientation.

Un des problèmes les plus importants de l'informatique géographique était toujours celui de l'ampleur de l'information nécessaire pour atteindre tels ou tels objectifs. Il consiste en ce qu'en cas de formation d'images cartographiques, il est très difficile de décomposer en éléments à la fois des objets séparés et une description géographique assez subjective du pays, parce qu'effectuée par des savants différents. Les orientations récentes dans l'étude du processus informationnel géographique supposent qu'avec de nouvelles techniques de lutte contre les erreurs, des généralisations qualitatives de la pensée humaine soient possibles. Ces derniers temps, eu égard à une baisse des prix d'ordinateurs personnels, s'est dégagée une tendance à la conception de systèmes décentralisés sur la base des PC permettant d'atteindre des objectifs spéciaux et de s'intégrer dans des systèmes assez complets et même dans des systèmes complexes (Burrough, 1986).

Les années 70 et 80 ont été marquées par :

- une augmentation des domaines d'application des SIG et un développement des systèmes multivalents
- une rénovation technique et technologique importante
- un passage des systèmes à processeur ordinaire aux réseaux d'ordinateurs de télécommunications
- une intégration des systèmes existants dans les structures régionales, nationales, internationales et mondiales.

Le but étant de résoudre des problèmes économiques et scientifiques importants et les problèmes écologiques, en introduisant dans la technologie des SIG, des systèmes experts conçus sur les bases de connaissances, et sur les bases de données obtenues, lors des télédétections de la Terre (Garelik, 1989).

L'état actuel de cette orientation en URSS rappelle la situation à l'étranger, au début des années 70 - les systèmes d'informations géographiques complets en fonction n'existent pas encore en tant que tels, mais des ensembles séparés de SIG d'avenir sont au stade de la réalisation. Longtemps, les travaux concernant l'informatique géographique en URSS ont eu un caractère expérimental et ont été menés dans des centres de recherches importants tels que l'Université de Moscou ou l'Institut de géographie de l'Académie des sciences. Seules des acquisitions isolées ont été introduites dans l'industrie, mais ce n'était que des rares exceptions d'automatisation parmi un océan infini de développement de la cartographie traditionnelle.

On peut dire que c'était les illustrations d'une application des procédés d'automatisation qui n'ont trouvé leur place que dans des publications et qui, bien entendu, n'apportaient pas d'effet économique. Néanmoins, différents organismes de département ont finalement conçu plusieurs systèmes cartographiques automatisés (SCA), des programmes et des projets importants au niveau gouvernemental et sectoriel destinés à accélérer les travaux dans cette orientation.

Le développement des technologies géoinformationnelles en URSS a commencé par la conception de systèmes locaux de petites dimensions destinés à atteindre des objectifs spéciaux (sectoriels) en les perfectionnant progressivement. Les directives des ministères correspondants ont servi, à leur tour, d'impulsion pour l'élaboration des conceptions de passage aux technologies de SIG dans des organismes divers. Elles ont été élaborées après l'apparition des conceptions ou des programmes intersectoriels, ou, ce qui est plus rare, après l'examen multiple et l'approbation de l'initiative par les organismes de base. Le ministère est le distributeur principal des investissements qui sont toujours insuffisants pour la conception d'un système de qualité, non seulement du point de vue de l'utilisation du matériel moderne, mais aussi du point de vue de tous les autres aspects, y compris la formation des spécialistes.

L'automatisation des travaux cartographiques, réalisée de telle façon, s'exprimait très souvent par une conception expérimentale et de laboratoire. Ces systèmes de longue durée fonctionnaient sur la base d'un matériel très rarement renouvelé, qui ne répondait pas aux normes internationales, n'était pas capable matériellement d'accepter tous ceux qui auraient voulu en profiter. Un logiciel imparfait, l'absence d'expérience et de connaissances suffisantes chez plusieurs usagers ne permet pas souvent l'utilisation à rendement complet même du matériel existant, malgré le grand intérêt montré par des collaborateurs pour ces conceptions. Une telle situation rappelle pour beaucoup celle des années 60 et 70 en Occident, signalée par Burrough (1986) - le management ne parvient pas à réagir sur le progrès technologique. En plus, les flux d'informations traditionnels sont isolés, un grand lot d'informations reste encore dans des services de statistiques ou dans les fonds de ministères et de départements séparés.

Il n'existe pas encore en URSS des SIG intégrés où le traitement de données obtenues lors des prises de

vue de satellite de la surface terrestre, y compris la télédétection de la Terre, serait associé à une autre information. On n'utilise que certaines techniques de traitement des images basées de préférence sur les programmes standards des systèmes PERICOLOR et CTS Robotron.

Pour exemple :

Le Centre national "Priroda" (Nature), près le Service général de géodésie et de cartographie de l'URSS, effectue la transformation des images, le traitement suivant la méthode des composantes principales, la coalescence, la filtration, l'analyse texturale et l'analyse spectrale, Megnchikh, 1983.

Le centre de recherches scientifiques "Agroressourci" (Agroressources) utilise une analyse logique structurale.

L'organisme "Lessproiect" réalise la sélection chromatique (Knijnikov et autres, 1985).

L'application de ces techniques liée, notamment, à une classification thématique ultérieure a aussi plutôt un caractère expérimental qu'industriel. Les images spatiales soviétiques à haute résolution comportent dans leur base un très grand volume d'informations qui complique, pour le moment, le processus de traitement automatisé (électronique). De ce fait, ce sont des techniques de traitement analogique des images (optiques, opto-électroniques) assurant une haute qualité des produits, qui ont reçu pour le moment un développement.

Au cours de ces dernières années, en URSS, un intérêt accru s'est manifesté pour la formation des notions et des conceptions d'application de l'intelligence artificielle aux SIG et aux systèmes cartographiques (Beroutchachvilli, Kevkhichvilli, 1989; Portianski, 1989, Tikunov, 1989). Selon l'opinion de l'auteur, en première phase de développement, l'informatique géographique permettra à l'aide des SIG et des SCA une formation de bases de données cartographiques et de bases de connaissances qui feront partie d'une banque de données d'avenir. En deuxième phase, après avoir conçu les systèmes experts (d'intelligence), l'information géographique résoudra les problèmes d'obtention de nouvelles connaissances et de métaconnaissances sur la Terre.

Dans son ensemble, l'état actuel du développement des SIG et des technologies de SIG en URSS, peut être caractérisé par ce qui suit :

- 1- L'activation des recherches scientifiques dans le domaine
 - des SIG et de l'application des technologies de SIG
 - de la mise au point des premiers systèmes cartographiques automatisés (SCA) et des prototypes de SIG d'avenir, des modèles et des projets de SIG expérimentaux
 - la formation des spécialistes en informatique géographique et en systèmes d'informations.

- 2- La priorité dans les projets accordée aux SIG d'importance nationale ou départementale, en négligeant presque la conception des SIG locaux à emploi

spécial et les moyens de communication, de même que leur liaison avec d'autres systèmes d'informations, a abouti à une certaine sous-estimation de ces besoins et à un arbitraire économique.

3- Le développement du réseau de micro-ordinateurs et d'ordinateurs personnels, malgré un manque de moyens techniques de communication, "d'entrée/sortie" d'informations graphiques de haute précision, qui se fait sentir sur la valeur des résultats pratiques.

Bibliographie

BEROUTCHACHVILLI N.L., KEVKHICHVILLI A.G. Les systèmes experts dans les recherches géographiques. Bulletin d'informations de la société géographique de l'URSS, 1989, v. 121, fascicule I, p. 3-10 (en russe)

GARELIK I.S. Systèmes d'informations géographiques et télédétection. Bilans scientifiques et techniques. Institut national de l'information scientifique et technique de l'AS de l'URSS. Série : Etude par satellite de la surface terrestre. v. 3. Moscou, 1989. p. 3-80 (en russe)

KNIJNIKOV Y.F., KRAVTSOVA V.I. et LOURIER I.K. Les résultats de traitement automatique des images spatiales multizonales dans un atlas consacré à une expérience "Fragment". Automatisation de la cartographie thématique. Moscou. Filiale de Moscou de la Société Géographique, 1985, p. 46-54 (en russe).

KOCHKAREV A.S. et KARAKINE V.P. Systèmes d'informations géographiques régionaux. Moscou, Naouka. 1987. 126 p. (en russe).

MEGNCHIKH E.A. Les moyens et méthodes d'automatisation dans la cartographie thématique, cours interrégionaux de la cartographie thématique près l'ONU, Moscou - Douchanbe, du 5 septembre au 7 octobre 1983, Moscou, 1985, 17 p. (en russe).

PORTIANSKI I.A. Arsenal informatique de la géographie. Moscou, Mislé, 1989, 172 p. (en russe).

4- L'utilisation de données de télédétection de la Terre pour l'établissement de nouvelles compositions cartographiques au moyen des systèmes cartographiques automatisés, mais sans prendre en compte pour le moment, la compatibilité des données pour l'utilisation dans les SIG.

5- L'absence de normes unifiées : formats d'échange de données, systèmes de codage et de classement, ce qui montre qu'on n'est pas encore prêt à former des bases de données cartographiques. ■

TIKUNOV V.S. Etudes de l'intelligence artificielle et systèmes experts dans la géographie. Messenger de l'Université de Moscou. Série 5. géographie. 1989. n° 6, p. 3-9 (en russe).

TROPHIMOV A.M. et PANASSUL M.V. Systèmes d'informations géographiques et problèmes de gestion de l'environnement. Kazan. Editions de l'Université de Kazan, 1984. 142 p. (en russe).

BURROUGH P.A. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Clarendon press. Oxford. 1986. 193 p.

KONECNY M. et RAIS K. Geograficke informacni systemy - Folia prirodoved. fak. UJEP v Brne, 1985, t. 26, N 13, 196 s.

KOSHKARIOV A.V., TIKUNOV V.S. et TROFINOV A.M. The current state and the main trends in the development of geographical information systems in the U.S.R.R. - Int. J. Geographical Information Systems, 1989, 3, N 3, pp. 257-272. Mc Harg I.L. Design with nature. Doubleday/Natural History Press. New York, 1969.

RHIND D. Computer-aided cartography. Trans. Inst. Br. Geogr. (NS) 2. 1977, pp. 71-96.

SHEEHAN D.E. A discussion of the SYMAP program. Harvard Library of Computer Graphics (1979), mapping software and cartographic databases, 1979, pp. 167-179.