

INSTITUT UNIFIE DE RECHERCHES NUCLEAIRES, DUBNA

Documents received
PRIVATE COPY
Not to be used or copied without authorisation

CERN LIBRARIES, GENEVA



CM-P00100620

EMPLOI DE LA METHODE DES FONCTIONS DE DECISION
POUR L'IDENTIFICATION DES IMAGES GEOMETRIQUES
SUR LES CLICHES
FOURNIS PAR LES SPECTROMETRES MAGNETIQUES A ETINCELLES

N.N. Govorun et N.D. Dikumar

Dubna 1971

Traduit au CERN par H. Nozet
(Original: russe)
Non révisé par le Service de Traduction

(CERN Trans. Int. 72-1)

Genève
Février 1972

EMPLOI DE LA METHODE DES FONCTIONS DE DECISION POUR
L'IDENTIFICATION DES IMAGES GEOMETRIQUES SUR LES CLICHES
FOURNIS PAR LES SPECTROMETRES MAGNETIQUES A ETINCELLES

N.N. Govorun, N.D. Dikumar

Institut Unifié de Recherches Nucléaires

INTRODUCTION

Le présent travail a été entrepris en liaison avec la construction à l'IURN d'un système d'analyse automatique des films comportant des clichés fournis par des spectromètres magnétiques à étincelles (MIS-6 /1/ et MIS-5 /2/). On discute essentiellement des problèmes liés à l'identification des images sur les photographies ou dans le volume de travail des chambres à étincelles.

Différentes méthodes peuvent être utilisées pour la résolution de ce problème /3-7/. On propose d'utiliser la méthode des fonctions de décision linéaires, /8/, /9/, en vue de la reconnaissance des objets géométriques tels que les étincelles, les segments, les trajectoires, etc., sur les clichés fournis par les installations MIS-5 et MIS-6.

Un programme permettant la mise en oeuvre de la présente méthode a été essayé sur des photographies réelles, provenant du spectromètre MIS-6.

Avant de passer à l'étude de l'algorithme, nous analysons les caractéristiques des clichés ainsi que la structure de l'information numérique admise à l'entrée du programme.

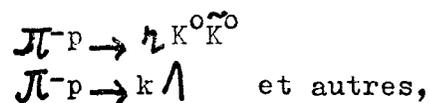
CARACTERISTIQUES RESUMEES DES CLICHES FOURNIS PAR
LES SPECTROMETRES MAGNETIQUES A ETINCELLES

Les clichés fournis par un appareil MIS-6 comportent trois projections stéréoscopiques des images, disposées sur un seul film non perforé de 70 mm de largeur. Les prises de vues stéréoscopiques sont effectuées sous des angles de 0° et $\pm 15^\circ$ par rapport à la normale à la surface supérieure de chaque chambre /1/. Dans le cadre on trouve les images des figures géométriques suivantes: croix de repérage, bits d'informations binaires sous la forme d'un ensemble de segments parallèles, segments de trajectoires, formés par les étincelles dans une chambre, et trajectoire complète, formée par les segments.

Sur le cliché, l'image d'une trajectoire présente une structure localement discrète du fait que, lors de la prise de vues, la trajectoire réelle est représentée dans le plan du film sous la forme de segments isolés, l'image de chacun de ces groupes de segments étant fournie par un système optique "propre".

Les trajectoires des événements photographiés dans un puissant champ magnétique, dans les volumes utiles des chambres à étincelles, se caractérisent sur les clichés par la présence de déplacements systématiques des étincelles elles-mêmes, par rapport à la trace vraie /5/.

Sur les clichés fournis par un spectromètre MIS-6, il existe également un déplacement des segments formant la trajectoire, qui est dû au système employé pour la photographie. La topologie des trajectoires étudiées dépend du type de réactions physiques analysées. Sur les photographies provenant d'un appareil MIS-6, on enregistre les trajectoires des interactions suivantes/10/.



c'est-à-dire que les trajectoires ont une forme en V, sans que parfois le point d'intersection apparaisse, mais avec possibilité

d'intersections mutuelles.

REPRESENTATION DANS LA MEMOIRE D'UN ORDINATEUR DES INFORMATIONS
RELATIVES AUX IMAGES SUR LES CLICHES

Les images présentes sur les clichés sont mises sous forme numérique à l'aide d'un dispositif d'analyse à grille rectangulaire. Les photographies fournies par un spectromètre MIS-6 sont analysées sur un appareil automatique à balayage mécanique du type HPD /11/, suivant le programme /12/. Les données numériques relatives aux images des clichés fournissent les coordonnées des lignes de balayage, ainsi que les coordonnées des points d'intersection de ces lignes avec les images sur le cliché (lectures). Dans la mémoire de l'ordinateur, ces informations sont représentées sous la forme d'un bloc ordonné du type suivant

$$D = \left\{ (x_j ; y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{n_j}) \mid x_j \leq x_{j+1} ; y_{ij} < y_{(i+1)j} \right\} \quad (I)$$

$$j = 1, 2, \dots, NS, \quad 0 \leq n_j \leq n$$

où NS - est le nombre maximum de lignes dans la grille, et
n_j - le nombre de coordonnées y sur la ligne j.

PROCESSUS D'IDENTIFICATION

Le but final de l'identification consiste en la découverte de traces (étincelles, segments) des trajectoires. Sur les clichés ces trajectoires peuvent être décrites sous forme de différentes structures géométriques. Toute structure géométrique de niveau plus élevé peut à son tour être décrite à l'aide de structures de niveaux inférieurs. A la base de la méthode d'identification des trajectoires, on trouve le principe de formation des éléments de chaque niveau structural (à l'exception du niveau zéro - lectures), avec combinaison ultérieure de ces éléments donnant un échantillon de niveau plus élevé. Les algorithmes de formation des éléments du niveau supérieur à par-

tir des éléments des niveaux inférieurs sont identiques pour tous les niveaux. Le problème se ramène donc à la recherche de groupes d'éléments du plus bas niveau, satisfaisant à un ensemble donné de propriétés ou d'indices caractérisant les éléments du niveau suivant.

Nous décrirons brièvement l'algorithme de formation des éléments du niveau structural supérieur, à partir des éléments du niveau précédent.

$$\text{Soit } \{\alpha_n\} = \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_{N1}$$

la suite des éléments cherchés du niveau supérieur (étincelles, segments, trajectoires complètes etc.), parmi lesquels peuvent également se trouver des éléments fantômes (bruit). Soit $\{\beta_m\} = \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_{N2}$ une suite ordonnée, donnée, d'éléments du niveau précédent (lectures, étincelles, etc.). Pour pouvoir inclure l'élément i de la suite $\{\beta_m\}$, dans un élément donné α_j de la suite $\{\alpha_n\}$, il faut que soit satisfaite la condition suivante: la valeur de la fonction de décision D_{ij} (qui est la même pour tous les éléments) doit être supérieure à un seuil donné (T). En un certain sens, cette fonction fournit une estimation de la proximité de β_i par rapport à α_j pour i et j donnés /9/.

Dans le présent cas, la fonction de décision D_{ij} est donnée sous la forme du produit scalaire du vecteur des indices caractérisant l'élément β_i ,

$$\bar{P} = \{\varphi_1(i, j), \varphi_2(i, j), \dots, \varphi_N(i, j)\}$$

et du vecteur de pondération:

$$\bar{W} = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_N\}$$

avec:

$$0 \leq \varphi_k(i, j) \leq 1, \quad \sum_k \omega_k = 1$$

L'ensemble des indices du vecteur \bar{P} et des valeurs des poids correspondants fournit en fait une mesure de la proximité des éléments β_i et α_j . Il est conditionné par la forme de l'échantillon formé α_j . La méthode des fonctions de décision est largement utilisée en pratique pour l'identification des échantillons dans différents problèmes appliqués /3/, /8/, /9/. Dans le présent travail, cette méthode est également employée pour l'identification de différentes images sur les clichés portant des traces d'événements nucléaires.

Nous analyserons plus en détails l'emploi de cette méthode en nous limitant à l'étape de formation d'une trace de trajectoire complète sur des clichés fournis par un appareil MIS-6. Pour cette étape, $\{\beta_m\}$ constitue la population des segments rectilignes dans la région de l'image fournie par une chambre à étincelles, et $\{\alpha_n\}$ la suite des trajectoires cherchées. Les composantes du vecteur des indices \bar{P} sont:

$$\varphi_1(i, j) = 1 - \frac{|x_j^\alpha - x_i^\beta|}{DX} \quad \text{— qui donne une mesure de l'éloignement de } \beta_i \text{ par rapport à } \alpha_j, \text{ suivant la coordonnée } x;$$

$$\varphi_2(i, j) = 1 - \frac{|y_j^\alpha - y_i^\beta|}{DY} \quad \text{— qui donne une mesure de l'éloignement de } \beta_i \text{ par rapport à } \alpha_j, \text{ suivant la coordonnée } y. \text{ Ici, } DX \text{ et } DY \text{ sont les distances maximales possibles, suivant les coordonnées correspondantes, dans les limites desquelles peut apparaître l'élément } \beta_i.$$

La fonction $\varphi_3(i, j) = 1 - \frac{|\theta_j^\alpha - \theta_i^\beta|}{|\theta_j^\alpha| + |\theta_i^\beta|}$ fournit une évaluation

de la distance suivant l'indice caractérisant la valeur de l'angle entre les directions α_i et β_i .

Les grandeurs θ_i^α et θ_i^β sont proportionnelles aux coefficients angulaires, respectivement pour α_j et β_i . A titre de quatrième composante du vecteur \bar{P} , nous prenons une fonction caractérisant la

mesure de la proximité de β_i par rapport à α_j , d'après la valeur des déplacements des points (étincelles) par rapport à la trace de la trajectoire réelle,

$$\varphi_4(i, j) = 1 - \frac{|H_j^\alpha - H_i^\beta|}{H_{\max}}$$

où H_j^α et H_i^β sont les valeurs moyennes des déplacements des étincelles pour les éléments correspondants, et H_{\max} - le déplacement maximal possible. Ainsi la fonction de décision D_{ij} est de la forme:

$$D_{ij} = (\bar{P}, \bar{W}) = \sum_{k=1}^4 w_k \varphi_k(i, j)$$

avec le vecteur des poids prenant la suite de valeurs: $\bar{W} = \{0,1; 0,5; 0,35; 0,05\}$. Les valeurs des termes w_k sont précisées par ajustement de l'algorithme à la catégorie considérée de clichés. Par exemple, pour certaines photographies on peut exclure $\varphi_4(i, j)$, en posant $w_4 = 0$.

En plus de l'obtention d'une évaluation par comparaison des valeurs de la fonction de décision D_{ij} avec une valeur donnée du seuil (T), on procède au calcul des grandeurs P_j et F_j , dites "récompense" ou "amende", employées par le programme en vue de prendre une décision quant à l'achèvement de la formation de l'échantillon, à son commencement, à sa poursuite ou à son élimination lorsqu'il est considéré comme fantôme (bruit, insuffisance d'information). L'élément reçoit une récompense (P_j est augmenté de ΔP) si β_i est inclus dans α_j ($\beta_i \subset \alpha_j$) et, de manière correspondante, α_j reçoit une amende (F_j est augmenté de ΔF) si β_i n'est pas inclus dans α_j ($\beta_i \not\subset \alpha_j$). Pour $(D_{ij} \geq T) \wedge (F_j < F_{\max}) = 1$, la formation de l'élément α_j se poursuit.

Pour $(P_j \geq P_{\max}) \vee ((P_j \geq P_{\min}) \wedge (F_j \geq F_{\max})) = 1$ on décide que l'élément α_j est formé. Pour:

$$(D_{ij} < T) \wedge (P_j < P_{\min}) \wedge (F_j \geq F_{\max}) = 1$$

l'élément α_j est éliminé, comme représentant un bruit. Les paramètres de l'ajustement fournissent les grandeurs P_{\min} , P_{\max} , F_{\max} et T .

Dans le cas où β_i ne se combine pas à l'un quelconque des α_j , $j = 1, 2, \dots, N_1$, il est inclus dans la suite $\{\alpha_n\}$ à titre de nouveau candidat pour l'échantillon cherché. Nous ne décrirons pas en détail le fonctionnement du programme. Son organigramme est représenté sur la figure 1. Sur ce synoptique, L_{1j} et L_{2j} représentent les états des éléments α_j et β_i à un instant donné. Lorsque $L_{1j} = -1$ on considère que α_j est formé. Les valeurs 0 et 1 correspondent à l'absence et à la présence de l'élément dans la suite correspondante; JP_j et JF_j représentent la récompense et l'amende; T - le seuil; $MINP$, $MAXP$, $MAXF$ et G - paramètres de l'ajustement. Le sous-programme DECIS (JA) fournit une réponse sur la relation entre les valeurs de D_{ij} et T . Pour $JA = 1$, on admet que $\beta_i \in \alpha_j$.

RESULTATS DES ESSAIS DE L'ALGORITHME

L'algorithme décrit ci-dessus, réalisé sous la forme d'un sous-programme (SOLVER) écrit en Fortran, a été vérifié dans le cas de l'identification d'objets réels sur des clichés fournis par des appareils MIS-6 et autres. La vérification de cet algorithme a été effectuée sur des données obtenues lors de l'analyse de 15 clichés provenant d'un spectromètre MIS-6. Dans le tableau 1, on présente une évaluation préliminaire de la probabilité d'identification des objets pour les valeurs indiquées des paramètres et poids correspondants.

Le programme élaboré et ses essais sur des clichés fournis par un appareil MIS-6, ainsi que sur d'autres photographies de chambres à étincelles, montrent que ce programme peut être employé avec succès pour résoudre des problèmes d'identification de trajectoires complètes (à toutes les étapes de la formation), ainsi que pour la reconnaissance de l'information de service (bits) et des marques fiduciaires.

Le sous-programme SØLVER est écrit pour la formation des échantillons abstraits dont le contenu est déterminé en se donnant des paramètres et informations réels dans les blocs CØMMØN. Ceci permet d'ajuster facilement le sous-programme, à la fois pour l'identification des éléments au cours des différentes étapes et pour la reconnaissance des évènements se produisant dans différentes installations.

En conclusion, nous exprimons nos remerciements au Professeur V.V. VLADIMIRSKIJ, Membre correspondant de l'Académie des Sciences de l'URSS, et à ses collaborateurs, en coopération avec lesquels a été élaboré un système de traitement des clichés fournis par un appareil MIS-6, cette coopération étant à la base de la publication du présent travail.

Nous exprimons notre reconnaissance à J.J. SHELONTSEVA qui nous a aidé dans ce travail.

No.	Vecteur et paramètres cherchés	Composantes du vecteur P				Poids				Paramètres				Probabilité d'identification	
		Φ_1	Φ_2	Φ_3	Φ_4	ω_1	ω_2	ω_3	ω_4	T	P_{min}	P_{max}	F_{max}		G
1	Etrincelles	Mesure de l'éloignement suivant la coordonnée X	Mesure de l'éloignement suivant la coordonnée Y	-	-	0.1	0.9	0.0	0.0	0.8	3	6	2	20	$\sim I$
2	Segments Pistes	" "	" "			0.2	0.8	0.0	0.0	0.6	4	8	3	200	~ 0.95
3	Trajectoires complètes	" "	" "	Mesure de l'éloignement près la correction	Mesure de l'éloignement suivant la largeur H	0.1	0.5	0.35	0.05	0.6	3	8	3	6000	$\sim 0.7 - 0.8$
4	Bits (Information de service)	" "	" "	-	-	0.1	0.9	0.0	0.0	0.8	15	25	4	50	$\sim I$
5	Marques fiduciaires	" "	Mesure de l'éloignement suivant la coordonnée Y et le long du coude re-père	-	-	0.2	0.8	0.0	0.0	0.7	6	12	6	100	~ 0.9

BIBLIOGRAPHIE

1. Blagorodov (A.M.), Vladimirskij (V.V.) et al.
Propositions pour les premières recherches avec le spectromètre de 6 mètres
Pré-tirage ITEF, 521, Moscou, 1967
2. Pré-tirage IURN 13-3588, Doubna, 1967
3. Robert K. Clark "AROMA-AIRWICK, A CHLOE/CDC-3600 System for the Automatic Identification of Spark Images and their Association into Tracks" ANL-AMD Tech Memorandum No 64. Argonne.
4. Clark R. and Miller W., Computer based data analysis systems at Argonne in Methods in Computational Physics, Vol. 5, 1966 AP, New York and London (pp. 47-98).
5. F. Bourgeois, H. Grote and J.-C. Lassale, Pattern Recognition methods for Omega and SFM Spark chamber experiments, CERN-DD/DH 70/13.
6. F. Zanella, Techniques for the automatic evaluation of spark Chamber Films and on-line experiments, Strasbourg-Belgrade.1968.
7. Alan C. Shaw. The Formal Description and Parsing of pictures, SLAC REPORT No 84, Stanford, California, 1968.
8. Highleyman (W.H.)
Les Fonctions de décision linéaires et leur emploi pour l'identification des échantillons TIRI, tome 50, No6, juin 1962.
9. Sebestyen (G.S.)
Processus de prise de décision dans l'identification des échantillons
"Tekhnika", Kiev, 1965
10. Bolonkin (A.N.), Vladimirskij (V.V.) et al.
Recherches avec le spectromètre de 6 m, au cours de l'année 1970, sur le faisceau de l'accélérateur de l'IPHE
Pré-tirage de l'ITEF 752, Moscou, 1969
11. Communication de l'IURN, 10-4513, Doubna, 1969
12. Communication de l'IURN, 10-5824, Doubna, 1971