PRACE INSTYTUTU GEODEZJI i KARTOGRAFII

*Tom XXXV, zeszyt 1 (80), 1988*

*WOJCIECH BYCHAWSKI*

# Umieszczanie danych pochodzących z teledetekcji w polach układu odniesień przestrzennych

Zarys treści. Rozważa się sprawy związane z wypełnianiem treści pól odniesień przestrzennych wtedy, gdy składa się na nią treść więcej niż jednego piksela zdjęcia satelitarnego. Rozwiązuje się problem wagowania zarówno wewnątrz rozpatrywanego pola odniesień przestrzennych, jak i pól sąsiednich.

## Problem

Przez pojęcie układu odniesień przestrzennych rozumie się sieć przylegających do siebie pól o określonym kształcie, znanych rozmiarach oraz jednoznacznie usytuowanych w zdefiniowanym układzie współrzędnych. Każde pole reprezentuje więc sobą pewne terytorium, jak na razie określone tylko co do położenia. Jeżeli jednak każdemu z tych pól przyporządkuje się informacje o tym to terytorium, wówczas powstaje baza danych o obszarze przykrytym układem odniesień przestrzennych.

Są dwie zasadnicze sprawy związane z wypełnianiem bazy danych, czyli — w tym przypadku — z wpisywaniem wiedzy o terenie pochodzącej z teledetekcji w układ odniesień przestrzennych: adresowanie informacji oraz umieszczenie pod tym adresem odpowiednich danych.

W niniejszym opracowaniu rozważam drugą z zasygnalizowanych spraw, czyli problem umieszczania pod określonym adresem danych pochodzących z teledetekcji.

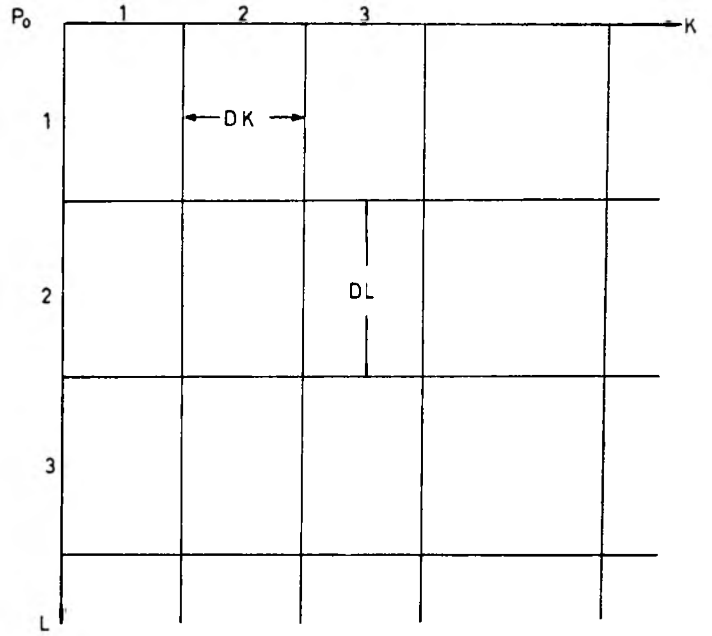
## Sposób przenoszenia treści zdjęcia do pól układu odniesień przestrzennych

Rozumowanie rozpoczynam, będąc w następującej sytuacji:

1. Jest dany układ odniesień przestrzennych składający się z przylegających do siebie prostokątnych pól. Każde pole ma swój adres w postaci numeru linii (L) i kolumny (K). Wszystkie pola mają takie same rozmiary: wzdłuż osi kolumn DK, wzdłuż osi linii DL. Punkt $P_0$ (rys. 1), tj. lewy górny narożnik pola położonego na pierwszej linii i w pierwszej kolumnie ma określone współrzędne ($a_0$, $b_0$) w układzie o osiach równoległych

i zgodnie skierowanych odpowiednio do kierunku linii i kolumn układu odniesień przestrzennych. Analogiem takiego układu w reprezentacji komputerowej jest tablica o wymiarach $L_n$, $K_n$

Szczególnym przypadkiem tak właśnie zbudowanego układu odniesień przestrzennych jest układ zaproponowany przez doc. dr Krystynę Podlachę. Według Jej koncepcji liniami układu są równoleżniki, natomiast kolumnami południki. Rozmiary pola są zatem wyrażone w mierze łukowej tzn. $DL = D\varphi$; $DK = D\lambda$ Punktem początkowym układu jest punkt $P_o$ ($\varphi_0$,




Rys. 1

$\lambda_0$). Ponieważ tak właśnie zorganizowany układ został przyjęty do stosowania już w kilku systemach informacyjnych, które mają być zasilane przez teledetekcję, dalsze rozważania prowadzę w nawiązaniu do niego. Formułę ogólną podaję dla podkreślenia, że wszystko to, co zostanie powiedziane jest słuszne nie tylko, gdy mamy do czynienia ze współrzędnymi geograficznymi, ale zawsze wtedy, gdy są spełnione wymienione warunki.

2. Jest dane zdjęcie składające się z pikseli zapisanych w tablicy: piksel po pikselu w linii oraz linia po linii. Wcześnej zostały wykonane odpowiednie operacje, w wyniku których każdy piksel położony na określonej linii i w znanej kolumnie ma wyznaczone współrzędne w tym przypadku ($\varphi$, $\lambda$). O tym jak to zrobić, jest szczegółowo mowa we wspomnianym opracowaniu na temat geometryzacji zdjęć. Ponadto każdemu pikselowi jest przyporządkowana pewna wartość, która zawiera w sobie informacje o terytorium przykrytym powierzchnią piksela.

Przyjmuję, że:

— pikselowi odpowiada w terenie prostokąt, którego wymiary wynoszą odpowiednio $d\varphi$ oraz $d\lambda$ i nie są większe od wymiarów pola.

— zależność między wartością piksela a informacją o terytorium pokrytym powierzchnią piksela jest funkcją ciągłą przynajmniej w wykorzystywanym zakresie zmienności.

Mając zdefiniowany układ odniesień przestrzennych i zdjęcie można przedstawić zadanie, jakie należy rozwiązać chcąc treść zdjęcia (czyli wartość pikseli) umieścić w polach układu odniesień przestrzennych.

Określone wcześniej współrzędne $\varphi$ i $\lambda$ piksela opisują w przestrzeni układu geograficznego położenie każdego punktu tego terytorium, które powstało z przykrycia terenu powierzchnią piksela. Określa zatem także jego środek.

Środek piksela o współrzędnych ($\varphi$, $\lambda$) należy do ściśle określonego pola położonego na linii L, w kolumnie K układu odniesień przestrzennych w myśl reguły:

$$\begin{aligned} L &= \text{część całkowita } [(\varphi_o - \varphi)/D\varphi] + 1; \\ K &= \text{część całkowita } [(\lambda - \lambda_o)/D\lambda] + 1; \end{aligned} \tag{1}$$

gdzie $\varphi_o$, $\lambda_o$ — współrzędne początkowego punktu układu,

$D\varphi$, $D\lambda$ — rozmiary pola układu.

Znając współrzędne pola w układzie odniesień przestrzennych można określić współrzędne geograficzne ($\varphi_S$, $\lambda_S$) środka tego pola z wzorów

$$\begin{aligned} \varphi_s &= \varphi_o - (L-1)\cdot D\varphi - D\varphi/2; \\ \lambda_s &= \lambda_0 + (K-1)\cdot D\lambda + D\lambda/2; \end{aligned} \tag{2}$$

Teraz powstaje na przykład sytuacja pokazana na rysunku 2.

Środek piksela P ($\varphi$, $\lambda$) należy do pola usytuowanego na L linii, w K kolumnie tabeli układu odniesień przestrzennych. Piksel może różnie się znależć w obrębie pola. W ogólności środek piksela względem środka pola określają składowe:

$$\begin{aligned} V\varphi &= \varphi - \varphi_s; \\ V\lambda &= \lambda - \lambda_s; \end{aligned} \tag{3}$$

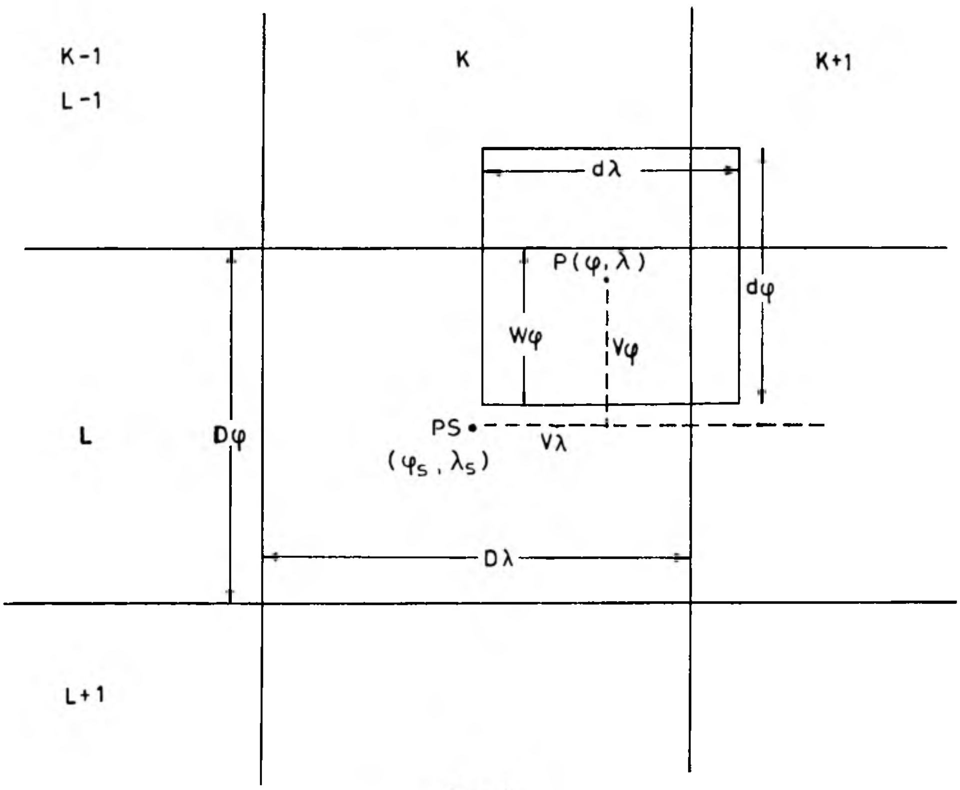
Są zawsze spełnione warunki:

$$0 \leq \text{abs}\,(V\varphi) \leq D\varphi/2; \qquad 0 \leq \text{abs}\,(V\lambda) \leq D\lambda/2; \tag{4}$$

Każdy piksel ma przyporządkowaną sobie wartość, która powinna być zapisana w odpowiednim polu układu odniesień przestrzennych. Przyszła treść pola będzie wypadkową treści pikseli, które wypełnią to pole. Jeżeli treść pikseli jest funkcją ciągłą ich wartości, a takie właśnie założenie zostało przyjęte, to treść pola będzie można wyrazić ogólną średnią arytmetyczną wartości pikseli wypełniających pole. Skoro tak jest, to należy rozwiązać problem wagowania.

Jeżeli powierzchnia terytorium piksela jest znacznie, znacznie mniejsza od powierzchni pola to wagami mogą być liczebności pikseli o określonej wartości bądź wartości pochodzących z określonego przedziału. Innymi słowy, jeżeli do pola o współrzędnych L i K, trafi $n_1$ pikseli o wartości $y_1$, $n_2$ pikseli o wartości $y_2$ itp., to wartość pola ($y_p$) określa znana zależność

$$y_p = \Sigma(n \cdot y)/\Sigma n; \tag{5}$$




Rys. 2

Znacznie trudniejsze zadanie jest do rozwiązania wówczas, gdy wielkość terytorium piksela jest porównywalna z powierzchnią pola (lecz nie większa). Wtedy właśnie może powstać sytuacja pokazana na rysunku 2. Treść pola teraz także będzie wypadkową treści pikseli tyle tylko, że do sprawy wagowania trzeba podejść inaczej.

Z rysunku 2 wiadomo, że poszukiwaną wagą może być stosunek powierzchni części piksela należącej do określonego pola do całej powierzchni piksela. Najłatwiej jest określić tak rozumianą wagę nie wprost, lecz poprzez jej składowe wzdłuż boków pola.

Składowe wagi można zapisać wzorami

$$\begin{aligned} W\varphi &= [D\varphi/2-(\mathrm{abs}\ (V\varphi)-d\varphi/2)]/d\varphi; \\ W\lambda &= [D\lambda/2-(\mathrm{abs}\ (V\lambda)-d\lambda/2)]/d\lambda; \end{aligned} \tag{6}$$

gdzie $D\varphi$, $D\lambda$ — rozmiary pola układu odniesień przestrzennych,
$d\varphi$, $d\lambda$ — rozmiary piksela,
$V\varphi$, $V\lambda$ — składowe odległości od środka piksela do środka pola (obl. wg (3) i poprzednich).

Słuszność wzorów (6) łatwo można sprawdzić na podstawie rysunku 2.

Znając składowe wagi ($W\varphi$, $W\lambda$) można obliczyć wagę z prostej zależności

$$W = W\varphi \cdot W\lambda; \tag{7}$$

Składowe wagi (6) mogą być różnej wielkości w zależności od odległości od środka piksela do środka pola ($V\varphi$, $V\lambda$), jak również ze względu na stosunek wielkości piksela i pola.

Jeżeli któraś ze składowych wagi okaże się być większa od jedności to oznacza to, że piksel wzdłuż niej w całości należy do pola, w którym leży środek. Dlatego też, licząc składowe wagi trzeba sprawdzać ten warunek, zamieniając wielkość przekraczającą jedność na jedność, czyli

$$\begin{array}{ll} \text{jeżeli } W\varphi > 1 & \text{wtedy } W\varphi := 1; \\ \text{jeżeli } W\lambda > 1 & \text{wtedy } W\lambda := 1; \end{array} \tag{8}$$

Wzory (6), (7) i (8) pozwalają określić wagę wskazującą na to, jaki jest udział znanej wartości piksela w obliczanej wartości tego pola, do którego należy środek piksela. W tym przypadku jest to pole położone na L linii, w K kolumnie, co zostało obliczone na podstawie wzorów (1).

Składowe wagi $W\varphi$, $W\lambda$, a więc i waga W, zawsze będą większe od zera i nie większe od jedności. To wynika z podanych wzorów i jest w zgodzie z pojęciowym ujęciem zagadnienia. Skoro bowiem środek piksela należy do pola, to powierzchnia piksela, jeżeli nie w całości to przynajmniej w jakiejś części musi należeć do tego pola. Jeżeli przyjmiemy, że piksel i pole mają takie same rozmiary, wówczas składowe wagi będą miały wielkości z przedziału od 0,5 do 1,0. To oznacza, że waga (7) będzie nie inna niż z przedziału od 0,25 do 1,00. To także jest zgodne z intuicją. Jeżeli bowiem piksel o wielkości pola trafi środkiem w narożniku pola, wówczas tylko 1/4 jego powierzchni (W = 0,25) będzie należeć do tego pola. Pozostała część rozdzieli się na trzy sąsiednie.

Tę dygresję czynię z dwóch powodów: po pierwsze dlatego, aby zwrócić uwagę na możliwość wykorzystywania omawianego sposobu do wpisywania zdjęcia w układ odniesień o polach równych wielkości piksela, po drugie by zasygnalizować problem adresowania i wagowania pól sąsiednich.

Piewszej z tych spraw warto poświęcić uwagę, jako że jest to droga do geometryzowania zdjęć bez utraty ich rozdzielczości, co stanie się zawsze, gdy pole jest większe od piksela. Jednakże, aby ją można było wykorzystać, trzeba wcześniej uporać się z drugą z wymienionych spraw.

Problem adresowania i wagowania pól sąsiednich występuje wtedy, gdy przynajmniej jedna składowa wagi jest mniejsza od jedności.

Warto zauważyć, że jeżeli składowe wagi ($W\varphi$, $W\lambda$) w polu (L, K) są standaryzowane, to określenie składowych w polach sąsiednich jest wyjątkowo proste. Zależności, jakie powstają, są pokazane na rysunku 3.

| | K-1 | K | K+1 |
|---|---|---|---|
| L-1 | 1-Wφ<br>1-Wλ | 1-Wφ<br>Wλ | 1-Wφ<br>1-Wλ |
| L | Wφ<br>1-Wλ | POLE (L,K)<br>Wφ<br>Wλ | Wφ<br>1-Wλ |
| L+1 | 1-Wφ<br>1-Wλ | 1-Wφ<br>Wλ | 1-Wφ<br>1-Wλ |

Rys. 3

Z rysunku 3 wiemy, jak należy wagować pola sąsiednie, znając składowe wagi pola, do którego należy środek piksela.

Problem adresowania sąsiedztwa rozwiązuje badanie znaków wielkości $V\varphi$ i $V\lambda$ (3).

Na rysunku 2 pokazano piksel, dla którego $V\varphi$ i $V\lambda$ są większe od zera. W tej sytuacji znaczącymi sąsiadami pola P (L, K) są pola P (L—1, K), P (L—1, K+1) oraz pole P (L, K+1).

Przestrzeganie warunku (8) sprawia, że badanie tylko znaku $V\varphi$ i $V\lambda$ wystarcza, mimo że samo w sobie nie określa jednoznacznie, czy piksel swą powierzchnią wykracza poza własne pole. Jeżeli bowiem nie wykracza a więc, nie powinien partycypować w wartości innego pola niż swoje, to nie będzie. Dzieje się tak dlatego, że odpowiednia składowa jego wagi będzie wówczas równa jedności. Wtedy, zgodnie z rysunkiem 3, w każdym sąsiedztwie, a więc także w znaczącym, waga stanie się zerem.

Tak więc, po określeniu składowych wagi ($W\varphi$, $W\lambda$) wartość rozważanego piksela należy zapisać:

$$\text{w polu P (L, K) z wagą } W = W\varphi \cdot W\lambda$$

oraz

Jeżeli $V\varphi \geqslant 0$ i $V\lambda \geqq 0$ to:

$$\text{w polu P (L}-1\text{, K) z wagą } W = (1-W\varphi) \cdot W\lambda$$

w polu P (L, K+1) z wagą $W = W\varphi \cdot (1-W\lambda)$
w polu P (L−1, K+1) z wagą $W = (1-W\varphi) \cdot (1-W\lambda)$

Jeżeli $V\varphi \leqq 0$ i $V\lambda \geqq 0$ to:
w polu P (L+1, K) z wagą $W = (1-W\varphi) \cdot W\lambda$
w polu P (L, K+1) z wagą $W = W\varphi \cdot (1-W\lambda)$
w polu P (L+1, K+1) z wagą $W = (1-W\varphi) \cdot (1-W\lambda)$

Jeżeli $V\varphi \leqq 0$ i $V\lambda \leqq 0$ to:
w polu P (L, K—1) z wagą $W = W\varphi \cdot (1-W\lambda)$
w polu P (L+1, K) z wagą $W = (1-W\varphi) \cdot W\lambda$
w polu P (L+1, K−1) z wagą $W = (1-W\varphi) \cdot (1-W\lambda)$

Jeżeli $V\varphi \geqq 0$ i $V\lambda \leqq 0$ to:
w polu P (L, K−1 z wagą $W = W\varphi \cdot (1-W\lambda)$
w polu P (L−1, K) z wagą $W = (1-W\varphi) \cdot W\lambda$
w polu P (L−1, K−1) z wagą $W = (1-W\varphi) \cdot (1-W\lambda)$

Postępując tak, jak to zostało opisane, kolejno ze wszystkimi pikselami zdjęcia uzyskuje się to, że do każdego pola układu odniesień przestrzennych trafia się wielokrotnie z różnymi wartościami, których jest przypisana odpowiednia waga.

Wartość pola, pod warunkiem ciągłości funkcji, może teraz powstać jako ogólna średnia arytmetyczna wartości pikseli ważona wagami obliczonymi w podany sposób.

Nie można z góry przewidzieć z ilu czynników będzie liczona ogólna średnia arytmetyczna wartości pikseli. To sprawia pewną trudność w zorganizowaniu sposobu gromadzenia danych (tzn. wartości pikseli i wag) napływających pod jeden adres. Można tę trudność pokonać rezerwując w rekordzie pola układu odniesień przestrzennych dodatkowe dwa pola rekordu. W jednym z nich wystarczy przechowywać sumę iloczynów wartości piksela i wagi, natomiast w drugim sumę wag. Taka realizacja ogólnej średniej arytmetycznej ma tę zaletę, że nie jest ograniczona liczbą czynników tej średniej. Należy jednak pamiętać, że poszukiwana wartość pola jest teraz ukryta pod postacią ilorazu wartości tych dwóch pól rekordu. Określenie tego ilorazu może jednak nastąpić niekoniecznie w trakcie przenoszenia treści zdjęcia do układu odniesień przestrzennych, co znacznie zmniejsza pracochłonność zadania.

Na komputerze typu IBM/XT przeniesienie treści zdjęcia o wymiarach 256 linii 256 kolumn trwa około 7,5 minuty.

## Dyskusja i wnioski

Proponowany sposób przenoszenia treści zdjęcia do pól układu odniesień przestrzennych jest słuszny — o czym była mowa — przy słuszności dwóch założeń, a mianowicie:

— o pikselu: że są znane jego rozmiary, że jest prostokątem, którego wymiary są dane w takim to układzie współrzędnych, w jakim są dane pola układu odniesień przestrzennych,

— o wartościach piksela: że wyrażają one taką treść, która jest funkcją ciągłą.

Łatwo zauważyć, że pierwsze z tych założeń — niezmiernie ważne, gdyż z niego wynika łatwość wagowania — jest spełnione tylko wtedy, gdy kierunki linii i kolum zdjęcia są odpowiednio równoległe do kierunku linii i kolumn układu odniesień przestrzennych. Jeżeli tak nie jest, to podany sposób wagowania traci zasadność.

Jeżeli omawiany sposób ma być wykorzystywany jedynie do geometryzowania zdjęcia, sprawa jest dość prosta. Wtedy bowiem układ odniesień przestrzennych, który w takim przypadku jest po prostu tablicą zdjęcia zgeometryzowanego, może być dobrany właśnie tak, aby jego linie były równoległe do linii zdjęcia.

Inaczej jest, gdy mamy do czynienia ze z góry zdefiniowanym układem odniesień przestrzennych np. związanym z siatką geograficzną. Wtedy, aby założenie — o którym mowa — było uzasadnione, zdjęcie powinno być wynikiem skanowania w kierunku prostopadłym do śladu południka na zdjęciu. Tylko bowiem wtedy boki prostokątnego piksela można wyrazić jako przyrosty współrzędnych geograficznych ($d\varphi$, $d\lambda$). Taki przypadek zachodzi albo wtedy, gdy mamy do czynienia z satelitą znajdującym się na orbicie biegunowej, albo gdy zdjęcie zostało zamienione na postać cyfrową przy odpowiednim skręceniu względem ramki.

Satelity środowiskowe (Landsat, SPOT, Kosmos) oraz meteorologiczne tzw. orbitujące poruszają się po orbitach nieco skręconych względem kierunku północy, o około 9°. O tyleż zatem są skręcone względem siebie boki piksela i pola.

Składowe wagi liczone wg. (6) są słuszne przy założeniu, że takie skręcenie nie występuje. Jednakże, ponieważ składowe wagi zmieniają się w przybliżeniu proporcjonalnie do cosinusa kąta skręcenia, w przypadku wymienionych satelitów cała sprawa staje się bagatelna. Zniekształcenie wagi wynikające ze skręcenia ok. 9° wynosi zaledwie około 3% jej wielkości. Ma to znikomy wpływ na średnią wagowaną.

Znacznie większą uwagę należy zwrócić na drugie z przyjętych założeń, mówiące o ciągłości funkcji.

Stosując się do algorytmu opisanego w tym opracowaniu uzyskuje się możliwość wyrażania wartości pola układu odniesień przestrzennych jako średniej ważonej z wartości pikseli, których fragmenty wypełniły to pole. To jest słuszne tylko wtedy, gdy wartość średnia opisuje sobą wartości pośrednie. By tak było musimy mieć do czynienia z funkcją ciągłą w rozważanym przedziale jej zmienności. Tak jest z pewnością, gdy wartości pikseli opisują na przykład temperaturę lub nasilenie jakiegoś zjawiska (stopień uszkodzenia lasu, obecność planktonu w wodzie wyrażona w procentach, itp.).

Bardziej problematyczne jest, czy zmiana kodów odpowiedzi spektralnych odbywa się według funkcji ciągłej. Rozważając teoretycznie trzeba by dać odpowiedź negatywną. W praktyce może być jednak inaczej i różnie w zależności od stosunku wielkości piksela do powierzchni pola jak też i od kontrastu obrazów sąsiadujących ze sobą obiektów. Rozwiązanie tego dylematu wymaga eksperymentów.

Bez wahania natomiast należy powiedzieć, że nie mamy do czynienia z funkcją ciągłą wtedy, gdy wartości pikseli informują o ich przynależności do określonej klasy (np. użytkowania ziemi). Wtedy pod żadnym pozorem nie wolno wyrażać wartości pola ogólną średnią arytmetyczną.

Powstaje zatem pytanie, czy opisany tu sposób umieszczania danych pochodzących z teledetekcji w polach układu odniesień przestrzennych może być jakoś wykorzystywany wtedy, gdy ciągłości funkcji nie ma bądź jest problematyczna. Odpowiedź jest twierdząca tyle tylko, że efektem działania nie jest wtedy wartość ogólnej średniej arytmetycznej wartości pikseli lecz wartość piksela dominującego wagowo. Jest to możliwe dlatego, że operuje się pojęciem wag standaryzowanych (6). Wielkości składowych wagi znaczą w tej sytuacji zawsze to samo zarówno w polu, dla którego zostały określone, jak i w polach o znaczącym sąsiedztwie. Można więc w miejsce sekwencji algorytmu liczącej ogólną średnią arytmetyczną wprowadzić wybieranie największej wagi spośród tych, które weszły do pola. Wtedy wartością pola staje się wartość piksela o tejże wadze. Przy takim podejściu do sprawy problem ciągłości funkcji traci na znaczeniu i sprowadza się do zwykłego syntetyzowania na podstawie dominującego elementu treści.

Recenzował: prof. dr hab. Andrzej Ciołkosz
Przyjęto do opublikowania w dniu 15.12.1987 r.

*WOJCIECH BYCHAWSKI*

## INSERTION OF REMOTE SENSING BASED DATA IN THE CELLS OF REFERENCE GRID

S u m m a r y

In this paper I discuss problem of insertion of remote sensing based data in the addressed cells of reference grid.

The discussion starts in the following situation:

1. There is reference grid, composed of adjacent rectangular cells. Each cell

has an address in the form of line number ($L$) and column number ($K$). Parallels are the lines of this grid, whereas meridians form columns. Size of cell is expressed in angular measure, i.e. $D\varphi$, $D\lambda$. Point $P_0$ ($\varphi_0$, $\lambda_0$) is the origin of this system.

2. There is an image, composed from pixels forming table. Each pixel has the determined geographical coordinates ($\varphi$, $\lambda$). Moreover, each pixel is characterized by a definite value, containing information about area, covered by this pixel.

I assume, that:

— pixel is represented in the terrain by rectangle with sides $d\varphi$ and $d\lambda$ ,not larger than size of a cell.

— relationship between spectral value of pixel and information about area covered by this pixel is the continuous function, at least in the used range of change.

Center of the pixel, described by $\varphi$, $\lambda$ coordinates is attributed to the precisely defined cell, described by L line and K column of the reference grid, according to formulas (1).

Knowing cell coordinates in reference grid geographical coordinates ($\varphi_s$, $\lambda_s$) of the centre of this cell can be determined, using formulas 2).

Next the following situation, shown in figure 2, can be observed. Centre of pixel P ($\varphi$, $\lambda$) belongs to the cell, described by L line and K column of the reference grid. In general, difference between centre of pixel and cell is determined by components, expressed with the use of formulas (3).

Spectral value is attributed to each pixel; this value should be located in the proper cell of the reference grid. The contents of cell will be resultant of the contents of pixels forming this cell. If pixel contents is continuous function of its value (there was such an assumption of discussion), contents of cell can be expressed by the arithmetic mean value from the pixels, filling this cell.

If this is true, problem of weighting must be solved.

If the area of pixel is much smaller than cell area, number of pixels can be a weight.

Much more difficult task arises, when the area of pixel is comparable to cell area (but not larger). In this case situation shown in figure 2 can exist.

It can be seen, that ratio of part of pixel area, belonging to cell to its total area can be the searched weight. Such a weight is determined most simply indirectly, through its components along cell sides, described by formulas (6).

Knowing weight components ($W\varphi$, $W\lambda$), the weight can be calculated, using formulas (7).

Weight components (6) can be of different magnitude, depending on distance between centre of pixel and centre of cell ($V\varphi$, $V\lambda$).

If any component proves to be greater than 1, it means, that pixel along it belongs totally to cell, incorporating its centre. Thus, calculating weight components this condition must be checked, and values exceeding 1 should be converted to unit (8).

Formulas (6), (7) and (8) determine weight, which expresses contribution of the known pixel value to the calculated value of cell, which includes centre of pixel. In this case this cell, defined by L line and K column — coordinates computed with the use of formulas (1).

Weight components $W\varphi$, $W\lambda$, and consequently weight W will be always greater than 0 and not greater than 1.

If at least one weight component is smaller than 1, then there is a problem of addressing and weighting of adjacent cells.

Problem of neighbourhood addressing is solved through checking signs of values $V\varphi$ and $V\lambda$ (3).

After determining weight components ($W\varphi$, $W\lambda$) pixel value should be written:

$$\text{in cell } P\ (L,\ K) \text{ with weight } W = W\varphi \cdot W\lambda$$

and for instance

if $V\varphi \geqslant 0$ and $V\lambda \geqslant 0$, then:

$$\text{in cell } P\ (L-1,\ K) \text{ with weight } W = (1-W\varphi) \cdot W\lambda$$
$$\text{in cell } P\ (L,\ K+1) \text{ with weight } W = W\varphi \cdot (1-W\lambda)$$
$$\text{in cell } P\ (L-1,\ K+1) \text{ with weight } W = (1-W\varphi) \cdot (1-W\lambda)$$

Other combinations of signs of weight components, as well as corresponding addresses and weights of adjacent cells are given in the full text of the article.

Following this procedure for all pixels different values with appropriate weights are attributed many times to each cell of reference grid. Value of cell, assuming function continuity, can be calculated as general arithmetic mean from pixel values, weighted with the use of above described method.

Orbits of remote sensing satellites are slightly deviated from north. The same deviation exists between sides of cell and pixel.
Deformation of weight due to this deviation is only about 3% of its value, so it has insignificant impact on the weighted mean.

Translation: Zbigniew Bochenek

*ВОЙЦЕХ БЫХАВСКИ*

# НАНЕСЕНИЕ ДАННЫХ, ПРОИСХОДЯЩИХ ИЗ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ, В ПОЛЯХ СИСТЕМЫ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ОТНОСИМОСТЕЙ

## Резюме

Система пространственных относимостей состоится из прилегающих к себе прямоугольных полей. Снимок состоится из пикселей с известными географическими координатами ($\varphi$, $\lambda$).

Середина пикселя с координатами ($\varphi$, $\lambda$) принадлежит к точно определенному полю, расположенному на линии, в колонне K системы пространственных относимостей согласно формулам (1).

Середину пикселя относительно середины поля определяют составляющие, выраженные формулами (3).

Каждому пикселю приписывается определенное значение, которое должно быть занесено в соответствующее поле системы пространственных относимостей. Значение поля будет являтся результирующей всех значений пикселей, относящихся к данному полю.

Затем следует решить проблему взвешивания. Весом может быть соотношение поверхности части пикселя, принадлежащей к определенному полю, к общей поверхности пикселя. Проще всего представить весы формулами (6).

Зная составляющие весов ($W\varphi$, $W\lambda$) можно вычислить весы по формуле (7).

Проблему адресования соседства решают исследования знаков величин $V\varphi$, и $V\lambda$ (3).

Разные случаи комбинации знаков составляющих весов и соответствующие им адреса и весы соседних полей даны в тексте статьи.

Перевод: Róża Tołstikowa