

IWONA MAŁEK

KONWERSJA WEKTOROWEGO ZAPISU DANYCH NA RASTROWY.

ZARYS TREŚCI. Opisana w niniejszej pracy konwersja została stworzona dla potrzeb systemu informacji przestrzennej SINUS. Dane do tego systemu są pozyskiwane m.in. poprzez digitalizację istniejących map tematycznych i topograficznych, zdjęć satelitarnych itp. Uzyskane tą drogą zbiory danych mają strukturę wektorową. Z uwagi na to, że w systemie SINUS dane są gromadzone docelowo w oparciu o strukturę rastrową, zachodzi potrzeba konwersji tych zbiorów na postać rastrową.

Wstęp

W systemach informacji przestrzennej są stosowane dwie podstawowe formy zapisu danych o położeniu obiektów: rastrowa i wektorowa. W zbiorach o strukturze wektorowej położenie obiektów powierzchniowych jest opisane za pomocą współrzędnych punktów tworzących granice tych obiektów. Do jednostek powierzchniowych zazwyczaj są przypisane informacje o rodzaju występujących tam zjawisk. W strukturze rastrowej mamy do czynienia z tablicą, w której każdy element ma odniesienie przestrzenne i zawiera informację o jakości zjawiska występującego w danym polu jednostkowym. Ponieważ systemy informacji przestrzennej korzystają często tylko z jednej formy zapisu, często zachodzi potrzeba konwersji danych z jednej formy zapisu na drugi.

Zasady konwersji

Utworzona na podstawie wyników digitalizacji wektorowa baza geometryczna opisująca określone terytorium składa się z siedmiu zbiorów:

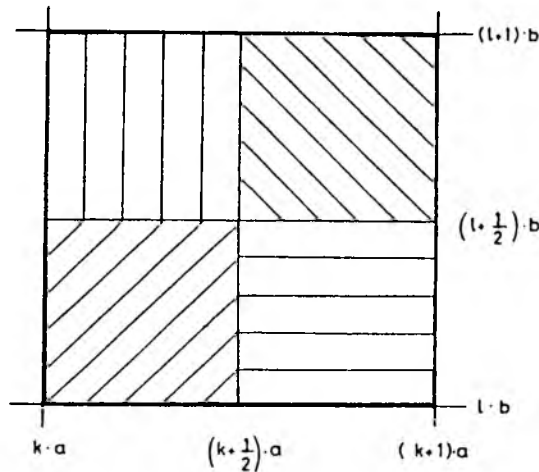
- zbioru jednostek powierzchniowych (wieloboków),
- zbioru zawierającego adresy linii granicznych ww. wieloboków,
- zbioru linii,
- zbioru punktów,
- zbioru węzłów,
- zbioru etykiet, zawierającego kody zjawisk występujących w poszczególnych wielobokach,
- zbioru zawierającego dane o zasięgu bazy danych.

Każdy wielobok jest opisany pewną liczbą linii, odpowiadającą liczbie sąsiadujących z nim jednostek powierzchniowych. Każda linia składa się z dwu węzłów określających jej końce i pewnej liczby (określonej w opisie linii) punktów pośrednich. Węzłami nazywamy punkty, w których zbiegają się co najmniej trzy linie; w przypadku wieloboku opisanego jedną tylko linią (wyspa, jednorodna enklawa) zaczyna się ona i kończy w tym samym węźle. W zbiorze punktów są przechowywane punkty pośrednie między węzłami, wyznaczające położenie linii.

Proces konwersji struktur wektorowych na struktury rastrowe składa się z dwóch etapów: w pierwszym przebieg linii granicznych jest sprowadzany do siatki rastrowej, w drugim - poszczególne elementy rastra są wypełniane odpowiednim kodem. W wyniku pierwszego etapu powstaje struktura wektorowa, składająca się z tych samych co na wejściu elementów liniowych, w której węzły i punkty są przybliżone do punktów przecięć linii siatki rastrowej, a linie sprowadzone na linie siatki w sposób oddający oryginalny kształt i pole powierzchni ograniczanych obiektów.

Baza rastrowa jest tablicą o liczbie kolumn i wierszy wyliczonej na podstawie danych o zasięgu terytorium i zadanego podziału układu odniesień przestrzennych, na podstawie którego ustalane są wartości a i b , będące wymiarem elementu rastra odpowiednio po osi X i Y.

Aby sprowadzić kontury linii do siatki rastrowej w pierwszej kolejności przybliżamy węzły (Rys. 1). Niech węzeł w ma współrzędne $w = (x, y)$ i leży w oczku siatki wyznaczonym przez wartości $k \cdot a$, $(k + 1) \cdot a$ dla współrzędnej x oraz $l \cdot a$, $(l + 1) \cdot a$ dla współrzędnej y , gdzie $k, l = 0, \dots, m$, gdzie m oznacza zasięg bazy wzdłuż odpowiedniej współrzędnej podzielony przez a .



Rys. 1

Niech \tilde{w}_p oznacza węzeł po przybliżeniu. Wówczas jeżeli $x \in \langle k \cdot a, (k + 1/2) \cdot a \rangle$ i $y \in \langle l \cdot a, (l + 1/2) \cdot a \rangle$, to $\tilde{w}_p = (k \cdot a, l \cdot a)$, co odpowiada lewemu dolnemu rogowi oczka siatki.

Jeżeli $x \in \langle k \cdot a, (k + 1/2) \cdot a \rangle$ i $y \in ((l + 1/2) \cdot a, (l + 1) \cdot a)$, wtedy $\tilde{w}_p = (k \cdot a, (l + 1) \cdot a)$ (lewy górny róg oczka siatki).

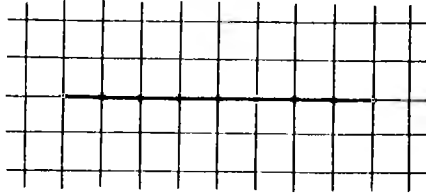
Jeżeli $x \in ((k + 1/2) \cdot a, (k + 1) \cdot a)$ i $y \in \langle l \cdot a, (l + 1/2) \cdot a \rangle$, wtedy $\tilde{w}_p = ((k + 1) \cdot a, l \cdot a)$ (prawy górny róg oczka siatki).

Jeżeli $x \in ((k + 1/2) \cdot a, (k + 1) \cdot a)$ i $y \in ((l + 1/2) \cdot a, (l + 1) \cdot a)$, wtedy $\tilde{w}_p = ((k + 1) \cdot a, (l + 1) \cdot a)$ (prawy górny róg oczka siatki).

Po przybliżeniu węzeł (lub punkt pośredni - przybliżony na tej samej zasadzie) ma współrzędne x i y będące całkowitą wielokrotnością odpowiednio a i b .

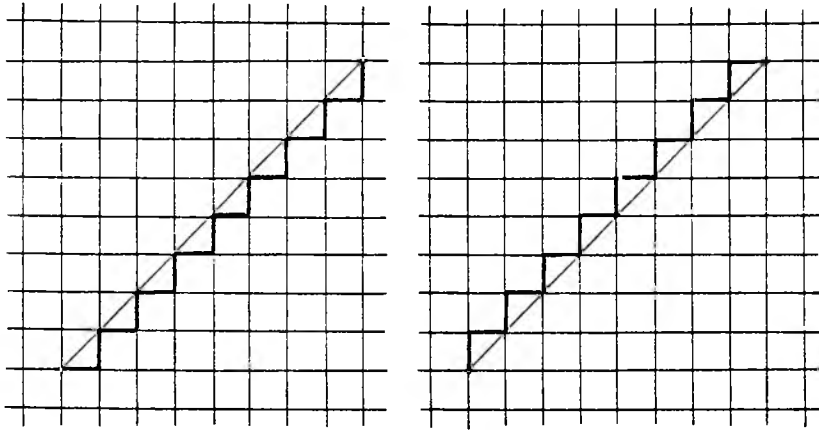
W następnym kroku przygotowujemy (na podstawie zbioru opisującego zasięg terytorium) bazę rastrową o stosownej liczbie kolumn i wierszy. Dane o parametrach stworzonej bazy są zapisywane w odpowiednim zbiorze.

Następnie przybliżamy linie posuwając się od węzła początkowego do pierwszego punktu pośredniego. W pierwszej kolejności normalizujemy położenie punktu pośredniego do przecięcia linii siatki rastrowej. Jeżeli oba punkty wyznaczające taki odcinek, tzn. węzeł i pierwszy punkt pośredni leżą na jednej prostej pokrywającej się z linią siatki rastrowej (Rys. 2), to wpisujemy do zbioru punktów wszystkie punkty przecięcia tego odcinka z prostymi do niego liniami siatki.



Rys. 2

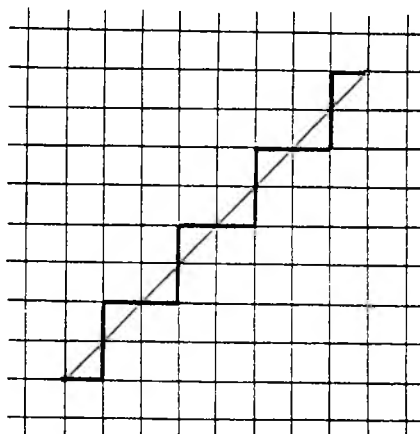
W przypadku gdy oba punkty leżą na prostej równoległej do jednej z dwu przekątnych rastra, mamy dwie możliwości przybliżenia odcinka. Pierwsza z nich została przedstawiona na Rys. 3.



Rys. 3

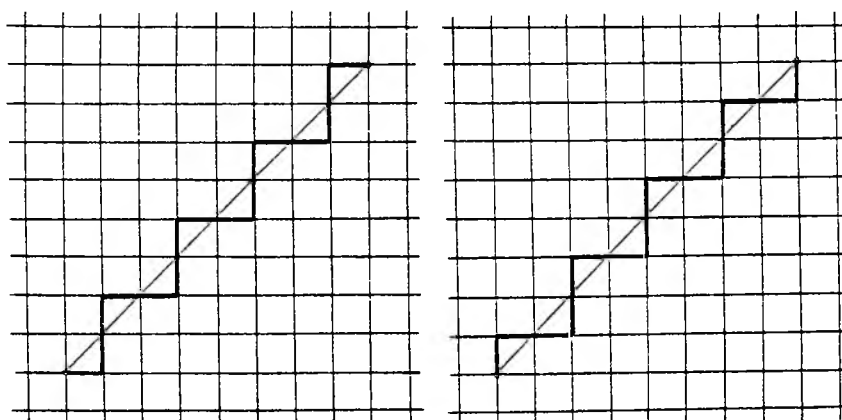
Ta metoda pozwala na przybliżenie pola powierzchni jednostki powierzchniowej z nadmiarem lub niedomiarem w zależności od kierunku i zwrotu wektora opisującego odcinek.

Tę niedogodność można ominąć stosując drugą metodę polegającą na przybliżaniu linii na przemian od jednej i od drugiej strony, tak jak na Rys. 4.



Rys. 4

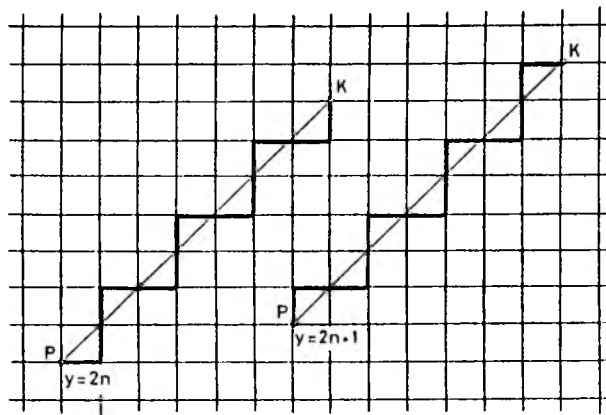
W ten sposób, przybliżając "schodkowo", zachowujemy pole obszaru na danym odcinku z dokładnością do połowy pola powierzchni jednego rastra.



Rys. 5

Żaden z tych sposobów nie zapewnia nam jednak jednoznaczności w sposobie przybliżania odcinka. Mamy tu bowiem ponownie dwie możliwości (Rys. 5):

Przy rozwiązaniu tego problemu przyjęto założenie, że w przypadku gdy wartość współrzędnej y , punktu od którego zaczynamy przybliżanie odcinka, jest parzystą wielokrotnością b , pierwszy "ruch" przybliżający odcinek jest skierowany w prawo lub w lewo, w zależności od kierunku wektora. W przypadku nieparzystej wielokrotności pierwszy "ruch" jest skierowany w górę. Następne kroki skierowane są tak, jak pokazano na Rys. 6.



Rys. 6

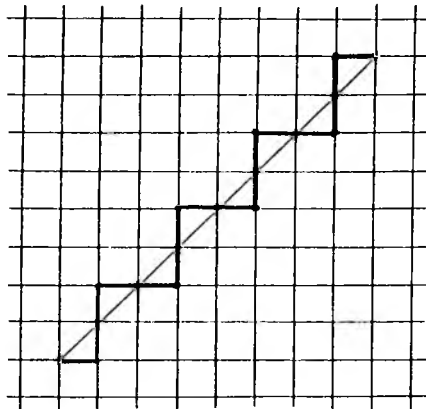
p - początek odcinka

k - koniec odcinka

y_p i y_k - współrzędne y odpowiednio początku i końca odcinka

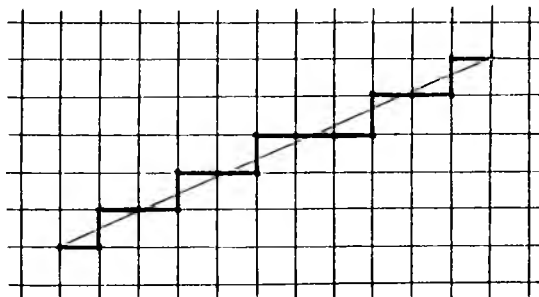
$n = 0, 1, 2, \dots$

W ten sposób osiągnięto całkowitą jednoznaczność w przybliżaniu tego rodzaju odcinków. Połączywszy to z metodą "schodkową", otrzymujemy zadowalające przybliżenie. Do zbioru punktów zapisujemy wszystkie punkty przecięcia linii siatki rastrowej leżące na "linii schodkowej" (Rys. 7).



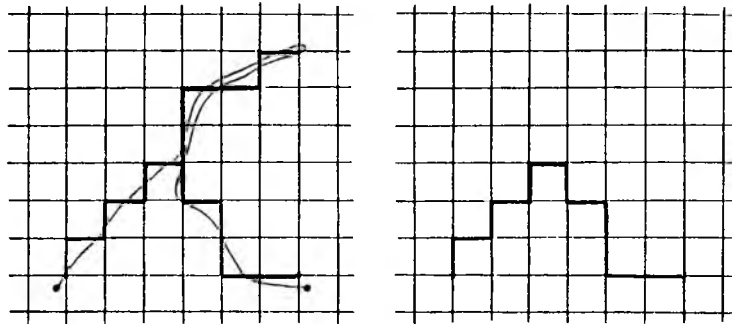
Rys. 7

W pozostałych przypadkach znajdujemy wszystkie punkty przecięcia odcinka z siatką rastrową. Na ich podstawie, stosując kryterium większości powierzchni, znajdujemy punkty węzłowe siatki rastrowej leżące najbliżej odcinka i one właśnie są zapamiętywane w zbiorze punktów pośrednich (Rys. 8).



Rys. 8

W trakcie przybliżania linii są znajdowane i eliminowane sytuacje, w których linia opisuje pewien wycinek powierzchni zerowy z punktu widzenia przestrzeni rastrowej (Rys. 9).



Rys. 9

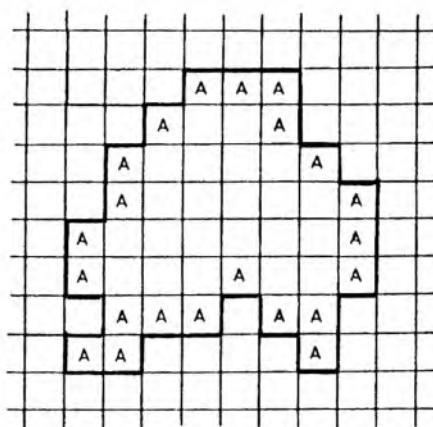
Tę samą metodę stosujemy przybliżając kolejne odcinki linii tak długo, aż osiągniemy węzeł końcowy.

Z tego widać, że punkty opisujące przybliżoną linię są od siebie oddalone o długość boku rastra. Rozmiar zbioru węzłów i powierzchni pozostaje nie zmieniony, natomiast może ulec zmianie liczba punktów pośrednich.

Jednocześnie w pamięci powstaje struktura drzewiasta (dokładniej omówiona w dalszej części) - obrazująca ewentualne zawieranie jednej powierzchni w drugiej - niezbędna do prawidłowego wypełniania jednostek powierzchniowych w tablicy rastrowej.

Drugi etap polegający na wypełnianiu poszczególnych elementów rastra działa już w oparciu o nowo powstałe zbiory i ową strukturę drzewiastą. Przyjęto zasadę, że obszar zewnętrzny dla badanego terytorium ma pewien ustalony kod, różny od każdego mogącego wystąpić w opisie terytorium (np. - 999).

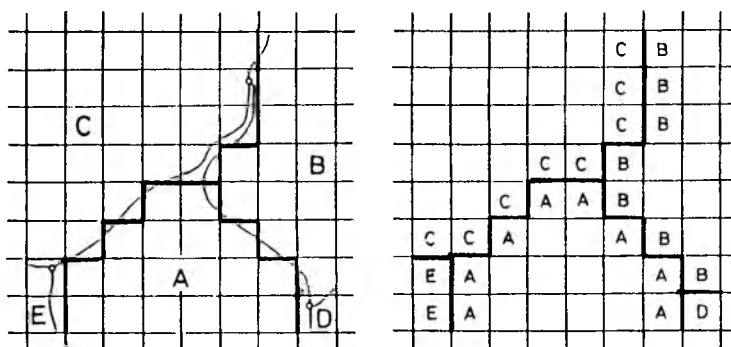
W celu wypełnienia bazy rastrowej, musimy najpierw zdefiniować w przestrzeni rastrowej kontury jednostek powierzchniowych, opisane w przestrzeni wektorowej współrzędnymi punktów granicznych. Tak więc linia w zapisie wektorowym (sprowadzona do linii siatki rastrowej) będzie przedstawiona w przestrzeni rastrowej przez ciąg elementów rastra sąsiadujących z daną linią, wypełnionych właściwym kodem (Rys. 10).



Rys. 10

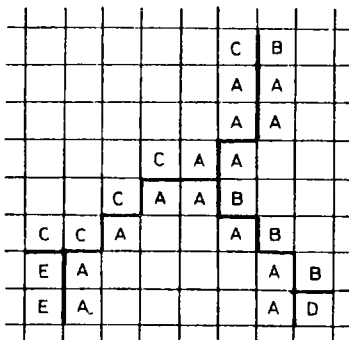
Przy tworzeniu jednocelowego obrysu jednostki powierzchniowej w przestrzeni rastrowej traktujemy linie opisujące jednostkę powierzchniową jako całość. Definiując w ten sposób kontur jednostki powierzchniowej korzystamy z utworzonych w pierwszym etapie zbiorów węzłów, punktów, linii i wieloboków. Poczynając od pierwszej linii opisującej położenie danej jednostki posuwamy się wzdłuż jej linii granicznych, wpisując w odpowiednie pola bazy rastrowej wartość odpowiadającą jej kodu. Dwa sąsiednie punkty w opisie linii i kolejność ich wystąpienia wyznaczają nam jednoznacznie miejsce w bazie, gdzie należy wpisać dany kod.

Automatyczne tworzenie konturu jednostek powierzchniowych w przestrzeni rastrowej napotyka jednak na pewne trudności. Po pierwsze należy wykryć i ominąć sytuację, gdy granica jednostki powierzchniowej pokrywa się sama ze sobą na pewnym odcinku (Rys. 11) (w pierwszym etapie usunięto tego typu sytuacje występujące w obrębie jednej linii, patrz Rys. 9).



Rys. 11

Tworząc kontur jednostki należy znaleźć i zignorować takie ciągi punktów, gdyż w przeciwnym przypadku posuwając się wzdłuż linii i automatycznie wpisując kody w sąsiadujące z nią elementy rastra powodujemy "roze-pchnięcie" linii, a tym samym poważne przekłamanie informacji zawartych w bazie, którego na dodatek nie można jednoznacznie zidentyfikować z uwagi na możliwość dalszych tego typu przekłamań w sąsiedztwie (Rys. 12).



Rys. 12

Zignorowanie tego typu ciągów punktów niczego nie zmienia, gdyż z punktu widzenia przestrzeni rastrowej powierzchnia zawarta między nimi nie istnieje (jest zerowa).

Po drugie ogromnie ważna jest kolejność, w jakiej tworzymy kontury jednostek powierzchniowych. Często zdarza się bowiem, że linie opisujące dwie (lub więcej) różne powierzchnie pokrywają się na pewnym odcinku. Wtedy w elementach rastra odpowiadających danemu odcinkowi pojawiają się kody ostatniej "obrysowanej" jednostki powierzchniowej, zawierającej ten odcinek.

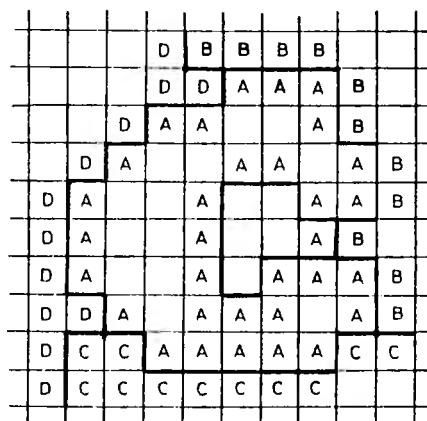
Wcześniejsze wykrycie i odpowiednie zinterpretowanie tego typu sytuacji ogromnie zwiększa złożoność czasową programu (samo znalezienie jednego konkretnego ciągu w jednej linii o długości n jest rzędu n). Należy więc ustalić właściwą kolejność wypełniania pól rastra poszczególnych jednostek powierzchniowych. W tym celu posłużymy się utworzoną w pierwszym etapie strukturą drzewiastą, obrazującą zagnieżdżanie jednostek powierzchniowych. Stanowi ona zbiór drzew. Każde drzewo jest zorganizowane w ten sposób, że na wierzchołku drzewa znajduje się numer najbardziej zewnętrznej jednostki powierzchniowej (nie będącej enklawą żadnej innej). Na kolejnym poziomie są zapamiętane numery jednostek bezpośrednio w niej zawartych. Dla jednostek z kolejnych poziomów stosujemy rekurencyjnie tę samą zasadę.

Mając już przygotowane wyżej opisane mechanizmy do skorygowania danych oraz strukturę zagnieżdżeń, przystępujemy do tworzenia konturów jednostek powierzchniowych w bazie rastrowej. Najpierw tworzymy kontur jednostki nie będącej enklawą (wierzchołek drzewa). Do bazy danej wpisywane są kody tylko od wewnątrz jednostki powierzchniowej, tzn. po prawej stronie linii opisujących, przy czym dla linii wewnętrznych (opisujących enklawy) ograniczenie jest wpisywane tylko w przypadku, gdy odpowiedni raster jest pusty, w przeciwnym przypadku pozostawiamy nie zmienioną wartość w rastrze. Unika się w ten sposób przekłamań w przypadku, gdy pewien odcinek linii opisującej enklawę pokrywa się z odcinkiem linii zewnętrznej opisującej jednostkę powierzchniową (Rys. 13).

Po lewej stronie linii opisującej jednostkę powierzchniową kody wpisywane są tylko wtedy, gdy mamy do czynienia z linią ograniczającą całe terytorium; wpisujemy wówczas "od zewnątrz" kod oznaczający obszar zewnętrzny.

Kolejność tworzenia konturów dalszych jednostek powierzchniowych, prowadzonego tą samą metodą, wynika z kolejności występowania jednostek powierzchniowych w opisanej wyżej strukturze drzewiastej, przy przechodzeniu jej wg następującej strategii: odczytujemy numer powierzchni będącej wierzchołkiem drzewa i kolejno tworzymy kontury wszystkich jednostek powierzchniowych zapamiętanych jako synowie danego wierzchołka.

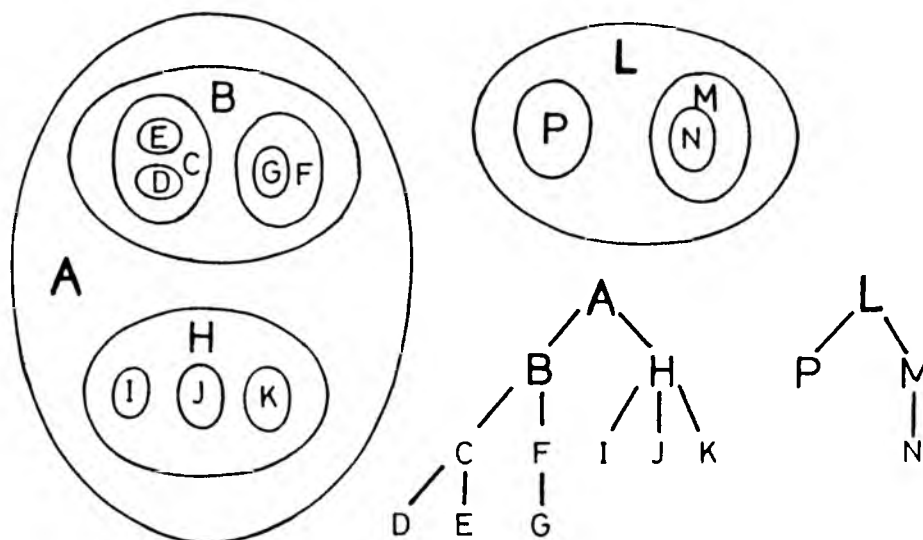
Następnie, po wyczerpaniu listy synów, traktujemy ostatnią ograniczoną powierzchnię jako wierzchołek i rekurencyjnie powtarzamy całą procedurę.



Rys. 13

Po przejściu całego drzewa bierzemy następne (o ile istnieje) i postępujemy z nim jak wyżej. Czynności te powtarzamy aż do wyczerpania listy drzew. Zobrazowane to zostało na Przykł. 1.

Po przejściu całej struktury mamy już w bazie rastrowej kontury wszystkich jednostek powierzchniowych, co umożliwi automatyczne wypełnienie bazy wierszami od lewej do prawej. Na tym właśnie polega ostatni etap procesu przekształcania struktur wektorowych na rastrowe.



kolejność wystąpienia A, B, H, I, J, K, C, F, G, D, E, L, P, M, N

Przykł. 1

Zakończenie

Opisana metoda pozwala na maksymalnie wierne przybliżenie kształtu powierzchni, z błędem nie większym niż połowa długości linii opisującej powierzchnię wyrażona w rastrach (tzn. połowa pola powierzchni elementów rastra, przez które przechodzi linia ograniczająca powierzchnię). Jest też stosunkowo szybka ze względu na zminimalizowaną liczbę porównań ciągów punktów w linii ograniczającej.

Dodatkowym efektem pracy programu realizującego tę metodę jest stworzenie wektorowej bazy, odpowiadającej bazie wejściowej, składającej się z tych samych co na wejściu elementów liniowych, w których węzły i punkty są przybliżone do punktów przecięć linii siatki rastrowej, a linie sprowadzone do linii siatki. Bazę tę można niezależnie wykorzystać do innych celów. Ma to szczególne znaczenie przy prezentacjach graficznych rastrowej bazy danych przy wykorzystaniu urządzeń o działaniu wektorowym.

LITERATURA

- [1] A. V. Aho, J. E. Hopcroft, J. D. Ulman: *Projektowanie i analiza algorytmów komputerowych*. Warszawa 1983 PWN.
- [2] M. Baranowski: *Prace badawcze nad Systemem Informacyjnym o Ukształtowaniu Środowiska*. Biuletyn Informacyjny IGiK 1989 nr 4.

Recenzował: dr Marek Baranowski
Przyjęto do opublikowania w dniu 7 maja 1991 r.

IWONA MAŁEK

VECTOR-RASTER DATA CONVERSION

S u m m a r y

Vector -raster data conversion, described at the presented work, was prepared for SINUS spatial information system. Vector files, created through digitalization of cartographic materials, at first stage are approximated to the lines of raster grid and next, on the basis of files formed after approximation, raster matrix is created.

As a result of that process raster data base is obtained, which conforms to the initial vector data base. Creation of vector data base, approximated to the lines of raster grid, is the side-effect of the presented conversion. This data base can be used independently for graphic presentations, cartographic analyses, etc.

Translation: Zbigniew Bochenek

ИВОНА МАЛЕК

ОБРАЩЕНИЕ ВЕКТОРНОЙ ЗАПИСИ ДАННЫХ В РАСТРОВУЮ

Резюме

Изложенное в данной работе обращение векторной записи информации в растровую было создано для нужд системы пространственной информации SINUS. Полученные, между прочим, путем дигитализации существующих материалов множества векторной структуры подвергались в первую очередь аппроксимации к линии растровой сетки, а затем на основе аппроксимированных множеств создается растровая таблица.

В результате действия процесса мы получаем базу данных записанную в растровой форме, соответствующую заданной векторной базе. Дополнительным эффектом действия описанного обращения является создание запроксимированной к линии растровой сетки векторной базы, соответствующей входной базе. Эти базы можно независимо использовать, например, для графических представлений, картографического анализа и т.п.

Перевод: Róża Tołstikowa

