

# Układy odniesie w aspekcie tworzenia i funkcjonowania S

KRYSTYNA PODLACHA,

## Geodezja a systemy informacji przestrzennej

Główną cechą wyróżniającą systemy informacji przestrzennej spośród wszelkich systemów informacyjnych jest wysoka, wręcz pierwszoplanowa, ranga uwzględnianego w SIP przestrzennego aspektu opisywanej rzeczywistości. W tej kwestii nie występują wśród autorów istotniejsze różnice poglądów. Można jedynie dyskutować nad trafnością sposobu wyrażania tej cechy. Jeśli bowiem ujmujemy ją stwierdzeniem, że informacja w SIP posiada przestrzenne odniesienie lub że jest przestrzennie zlokalizowana, to nasuwa się pytanie: czy to *przestrzenne odniesienie* lub to *przestrzenne zlokalizowanie* nie jest samo w sobie informacją stanowiącą element SIP?

Przedmiotem (domeną) SIP – w najogólniejszym ujęciu – jest powierzchnia Ziemi; a więc co najmniej to wszystko, co dotąd – w technologii tradycyjnej („przedinformatycznej”) – było opisywane przez geodezję i geografę. Opis stworzony przez obydwie te dyscypliny, głównie w postaci niezwykle bogatej gamy map, był możliwy dzięki budowanym przez geodezję *systemom odniesień przestrzennych*. Bowiem geodezja – jako dyscyplina naukowa i jako dział techniki – jest „najwyższą instancją” w dziedzinie określania *kształtu i wymiarów Ziemi* (jako planety), w zapewnieniu w skali poszczególnych krajów, kontynentów i planety Ziemi odpowiedniej *infrastruktury* (infrastruktury geodezyjnej) umożliwiającej dogodne i praktycznie dowolnie dokładne określenie położenia każdego punktu na Ziemi względem *reszty świata*. Z perspektywy funkcjonowania SIP elementarnym zadaniem geodezji jest określenie *przestrzennej relacji każdego punktu na Ziemi względem reszty świata*. Tak jak dotąd nie byłoby możliwe tworzenie bez niej map, tak dziś nie mogłyby funkcjonować bez niej systemy informacji przestrzennej. Wprowadzanie danych do SIP drogą digitalizacji czy skanowania map nie oznacza – wbrew mniemaniu niektórych specjalistów – możliwości pominięcia prac związanych z utworzeniem wspomnianej infrastruktury. Bez niej bowiem nie mogłyby powstać m.in. wykorzystywane do ww. digitalizacji czy skanowania mapy. Lektura niektórych prac nasuwa przypuszczenie, że ich autorzy nie zawsze rozróżniają *pozyskiwanie danych* na drodze dokonywanego opisu rzeczywistości od *przetwarzania* opisu już istniejącego; w rezultacie do obydwu tych czynności – tak bardzo różnych – stosują bezzasadnie jedno określenie *pozyskiwanie danych*. (...)

## Elementy systemów odniesień przestrzennych

System odniesień przestrzennych – ten stosowany na Ziemi – odniesiony jest do *reszty świata* (tej pozaziemskiej); stąd tak istotne – wręcz podstawowe – znaczenie astronomii geodezyj-

W Polsce po II wojnie światowej czyniono starania zmierzające do działań administracyjnych, gospodarczych, planistycznych, ty, obowiązujące w tych latach przepisy o ochronie tajemnicy osnowy matematycznej map. Próby ominięcia tych przepisów ka „mutacji” mapy zasadniczej i map topograficznych o odm do ich opracowania odwzorowania kartograficzne, układy w szowe. Zróznicowania te mogą być źródłem błędów przy w systemach informacji przestrzennej oraz mogą utrudniać ich go do sporządzania komputerowych map tematycznych o zasi

nej. Generalnie można przyjąć, że punkt na powierzchni Ziemi określany jest na podstawie  *ruchu obrotowego Ziemi* oraz  *rozkładu siły ciężkości*. Różnica czasu górowania (przejścia przez miejscowy południk) ciała niebieskiego – to różnica długości geograficznej ( $\Delta\lambda$ ), zaś różnica kąta zenitalnego danego ciała niebieskiego (gwiazdy) w płaszczyźnie południka jednego i drugiego punktu na powierzchni Ziemi – to różnica ich szerokości geograficznej ( $\Delta\phi$ ). Odnoszenie mierzonego kąta zenitalnego do gwiazdy wynika stąd, że prosta łącząca dowolny punkt na Ziemi z daną gwiazdą może być traktowana – z punktu widzenia dokładności pomiarów – jako ta sama prosta, gdyż promień Ziemi wynoszący ledwie 6370 km może być traktowany jako „zerowy” wobec odległości do gwiazdy (np. do najbliższej z nich Proximy Centauri odległość ta wynosi ponad 4 lata świetlne).

Te dwie wielkości ( $\phi$ ,  $\lambda$ ) określają sytuacyjne położenie punktu na powierzchni Ziemi. Tę dość prostą, jak widać, podstawę tworzenia systemu odniesień przestrzennych komplikują, niestety, rzeczywiste, przy tym zmienne w czasie, właściwości fizyczne Ziemi, którymi nie będziemy się tu bliżej zajmować. Poza jednym zagadnieniem, którego nie możemy pominąć, pozostawiamy je specjalistom „odpowiedzialnym” za kształt i wymiary Ziemi oraz jej ruch względem reszty świata, którzy – jak się wydaje – im więcej problemów zdołają rozwiązać, tym więcej przybywa im nowych, a to m.in. dlatego, że wobec osiągniętej dokładności – niewiarygodnie wysokiej – stawiane są coraz to nowe wyzwania.

# ń przestrzennych

## Systemu Informacji Przestrzennej w Polsce

KAROL SZELIGA

ce do dostarczenia gospodarce narodowej map niezbędnych rozwiązywania problemów naukowo-badawczych itp. Nieste- państwowej i służbowej negatywnie zaciążyły na jednolitości spowodowały, że obecnie na rynku krajowym funkcjonuje kil- niennych podstawach matematycznych. Różnią je zastosowane współrzędnych płaskich prostokątnych, a także podziały arku- wykorzystaniu powyższych map do tworzenia baz danych wykorzystanie jako kartograficznego materiału podkładowe- ęgu regionalnym lub krajowym.

Zagadnieniem tym jest *rozkład siły ciężkości*. Siła ciężkości i ós czasu powiązana z obrotem Ziemi tworzą „naturalny” system odniesień przestrzennych na Ziemi w stosunku do reszty świata: odległość kątowna od płaszczyzny równika „punktu przebiecia nieba” prostą pokrywającą się z kierunkiem siły ciężkości w danym punkcie na Ziemi – to szerokość geograficzna ( $\varphi$ ) tego punktu, zaś punkt na osi czasu odpowiadający „momentowi tego przebiecia” – to długość geograficzna ( $\lambda$ ). Niestety, system ten nie jest doskonały. Jak to zwykle bywa, doskonałość i „naturalność” wzajemnie się wykluczają. Doskonałość w tym kontekście oznaczałaby bowiem kulisty rozkład siły ciężkości; powierzchnią o stałej wartości siły ciężkości (powierzchnią ekwi- potencjalną) byłaby kula. Oznacza to m.in., że wówczas – przy braku oddziaływania sił zewnętrznych (wiatry, przyciąganie Księżyca itp.) – lustro wody w morzach i oceanach przybrałoby kształt powierzchni kulistej, która rozciągnięta pod ładami charakteryzowałaby się stałą – tą samą, co w obszarze wód – warto- ścią siły ciężkości. Innymi słowy, *geoida zerowa* (powierzchnia ekwipotencjalna odpowiadająca poziomowi wód mórz i oceanów) byłaby wówczas powierzchnią kulistą. W rzeczywistości geoida znacznie odbiega od kształtu kulistego. Jest powierzchnią dość skomplikowaną matematycznie. Jej kształt w obszarze łądów dodatkowo komplikuje ich masa „wystająca” ponad poziom wód mórz i oceanów. Mimo to, z uwagi na jej „natural- ność”, jest ona podstawą systemów odniesień przestrzennych, a jej aproksymacja dobierana dla poszczególnych obszarów Zie- mi stanowi powierzchnię odniesienia. Tą aproksymacją jest

najczęściej elipsoida, z uwagi na dogodność jej opisu matema- tycznego. Stąd w geodezji, tym samym w poprawnie tworzo- nych systemach informacji przestrzennej, sytuacyjne położenie punktu określają *współrzędne elipsoidalne* ( $B, L$ ), inaczej – *współrzędne geograficzne geodezyjne*. Oznacza to, że położenie punktu na powierzchni Ziemi (tej fizycznej) określa kąt zawarty między prostą normalną do elipsoidy odniesienia przechodzącą przez pionowy rzut tego punktu na tę elipsoidę a płaszczyzną równika tej elipsoidy ( $B$  – szerokość geograficzna geodezyjna) oraz kąt dwuścienny między płaszczyzną południka tego punktu a płaszczyzną południka zerowego ( $L$  – długość geograficzna geodezyjna). Należy przy tym podkreślić, że współrzędne te mają charakter *źródłowy*, wszelkie inne są danymi wtórnymi w stosunku do nich, m.in. wtórny charakter mają *współrzędne geograficzne* ( $\varphi, \lambda$ ); drobnoskalowe opracowania geograficzne pozwalają przyjąć kulę jako aproksymację geoidy.

Jeśli zaś chodzi o system odniesień przestrzennych dla po- miarów wysokościowych, jest on odrębnie zdefiniowany: po- wierzchnię odniesienia stanowi geoida zerowa przyjęta wed- ług średniego poziomu Bałtyku w Kronsztadzie (*układ Kron- sztań*). Punkty osnowy wysokościowej (repery) rozmieszczone są na obszarze całego kraju we wzajemnych odległościach paru kilometrów.

Należy przy tym zaznaczyć, że rozdzielne ujęcie każdego z tych układów – układ współrzędnych elipsoidalnych (współrzędne:  $B, L$ ) i odrębnie układ wysokości Kronsztad (wysokość  $H$ ) – wynika z założonego popularnego charakteru niniejszego opra- cowania. Nie wchodząc w szczegóły zagadnienia, należy w tym miejscu wyraźnie odnotować, iż położenie punktu na powierz- chni Ziemi określają trzy wielkości, brane łącznie:  $B, L$  i  $H$ .

Ostatnie lata przyniosły nową technologię pomiarów geodezyj- nych, opartą na technice satelitarnej, funkcjonującą pod nazwą Global Positioning System (GPS), wykorzystywaną poza geo- dezją niewspółmiernie szerzej niż w samej geodezji. Pomiar w tej technologii polega na odczytaniu współrzędnych punktu ustawienia anteny odbiornika. Są to współrzędne ortokartezjań- skiego geocentrycznego układu współrzędnych, tj. takiego, któ- rego początek znajduje się dokładnie w środku masy Ziemi (płaszczyzny różnych orbit trzech satelitów nie mogą się prze- ciąć w innym punkcie), a jedna z osi tego układu pokrywa się z osią obrotu Ziemi.

Celem charakteryzowania dokładności pomiarów geodezyj- nych posłużymy się graniczną (praktycznie nieprzekraczal- ną) wartością błędu wzajemnego położenia w przestrzeni trój- wymiarowej dwóch punktów osnowy geodezyjnej odległych od siebie o kilkadziesiąt kilometrów ; błąd ten jest rzędu kilku centymetrów. Należy przy tym z całą mocą podkreślić,

że obowiązujące w geodezji standardy dokładnościowe wynikają przede wszystkim z potrzeb praktyki; bez ich zachowania geodezja nie byłaby w stanie sprostać oczekiwaniom ze strony innych dziedzin techniki oraz gospodarki w ogólności. Na ogół, poza środowiskiem geodezyjnym, zagadnienie dokładności w geodezji jest często niewłaściwie postrzegane. Należy więc wyraźnie stwierdzić, że nie chodzi o to, by pomierzyć jak najdokładniej, lecz oto, by pomierzyć z minimalną w stosunku do potrzeb dokładnością; by właściwie ocenić, w jakim przypadku „mierzyć na kroki”, a w jakim „bić się o milimetry”.

Na system odniesień przestrzennych składają się również układy odwzorowań kartograficznych. Jak bowiem wiadomo, ani kula, ani elipsoida nie są rozwijalne na płaszczyznę. Wynika stąd konieczność opracowania matematycznych formuł wzajemnego przyporządkowywania (odwzorowania) punktów powierzchni odniesienia (elipsoidy) i punktów płaszczyzny. Systemy odwzorowań kartograficznych zapewniają możliwość wzajemnego przeliczania współrzędnych **B, L** i współrzędnych ortokartezjańskich **X, Y** (oczywiście na płaszczyźnie). Konsekwencją wspomnianej powyżej nierozwijalności powierzchni odniesienia na płaszczyznę jest – nieodłącznie związany z omawianym zagadnieniem – problem *niekształceń odwzorowawczych*. Należy przy tym podkreślić, że wszelkie układy płaskie są układami wtórnymi.

## Postać danych w systemach odniesień przestrzennych

Jak wiadomo, współrzędne **B, L** uzyskuje się drogą obliczeniową – na podstawie wyników pomiarów geodezyjnych (wartości pomierzonych wielkości: długości i kątów, a także czasu i siły ciężkości). Należałoby zatem traktować wyniki pomiarów jako *dane elementarne* (źródłowe, nieprzetworzone, niezagregowane), zaś obliczone na ich podstawie współrzędne **B, L** – jako dane wtórne. Pogląd taki nie znajduje jednak uzasadnienia w świetle elementarnych podstaw metodologicznych geodezji, a mianowicie:

- przede wszystkim wynik pomiaru traktowany jest jako zmienna losowa,
- zbiór wyników pomiarów geodezyjnych jest większy od minimum niezbędnego dla jednoznacznego określenia położenia (współrzędnych) odnośnych punktów,
- współrzędne **B, L** danego punktu nie są funkcją jedynie wielkości pomierzonych bezpośrednio związanych z tym punktem, lecz wszystkich wielkości tworzących dany układ, liczony w setkach i tysiącach; zatem współrzędne danego punktu są rezultatem jednego procesu *wyrównawczego* obejmującego całościowo setki i tysiące punktów.

Z uwagi na powyższe, biorąc nawet pod uwagę postulat „normalizacji” danych (*postać normalna Boyce’a-Codda*), należy – jak się ocenia – traktować współrzędne **B, L** jako postać „elementarną” danych w bazie danych SIP.

## Mapy jako źródło danych dla SIP

W praktyce gospodarczej informacje przedstawione na mapie zasadniczej i mapach topograficznych traktowane są jako jedne z podstawowych danych kartograficznych, powszechnie wykorzystywanych w systemach informacji przestrzennej SIP. Przesłanką do takiej oceny powyższych map jest szeroki zakres ich treści, umożliwiający odwzorowanie z jednakowym względnym stopniem szczegółowości wszystkich głównych elementów kraj-

obrazu Ziemi oraz sporządzenie tych map według jednolitych dla całego kraju zasad i znaków umownych. Dlatego też mapy te pełnią dwojaką funkcję:

- materiału źródłowego do pozyskania podstawowych informacji o zagospodarowaniu terenu i jego krajobrazie;
- kartograficznego materiału podkładowego, służącego do ścisłej lokalizacji różnorodnych informacji przestrzennych wprowadzonych do bazy danych systemów informacyjnych oraz generowania danych wynikowych w formie tematycznych map komputerowych.

W Polsce po II wojnie światowej czyniono starania zmierzające do dostarczenia gospodarce narodowej map niezbędnych do działań administracyjnych, gospodarczych, planistycznych, rozwiązywania problemów naukowo-badawczych itp. Niestety, obowiązujące w tych latach przepisy o ochronie tajemnicy państwowej i służbowej negatywnie zaciążyły na jednolitości osnowy matematycznej map. Próby ominięcia tych przepisów spowodowały, że obecnie na rynku krajowym funkcjonuje kilka „mutacji” mapy zasadniczej i map topograficznych o odmiennych podstawach matematycznych. Różnią je zastosowane do ich opracowania odwzorowania kartograficzne, układy współrzędnych płaskich prostokątnych, a także podziały arkuszowe. Zróżnicowania te mogą być źródłem błędów przy wykorzystaniu powyższych map do tworzenia baz danych w systemach informacji przestrzennej oraz mogą utrudniać ich wykorzystanie jako kartograficznego materiału podkładowego do sporządzania komputerowych map tematycznych o zasięgu regionalnym lub krajowym. Dlatego też przy omawianiu odwzorowań kartograficznych stosowanych w SIP podkreślone zostały cechy charakterystyczne map sporządzonych na tych odwzorowaniach, a także wskazane trudności, które mogą występować przy równoległym lub wymiennym wykorzystywaniu map w SIP stworzonych na odmiennych podstawach matematycznych.

Układy współrzędnych i odwzorowania kartograficzne stosowane przy tworzeniu baz danych SIP to:

- układ współrzędnych prostokątnych płaskich „1965”,
- układ współrzędnych prostokątnych płaskich „1942” – odwzorowanie Gaussa-Krügera,
- układ współrzędnych prostokątnych płaskich „1992” – odwzorowanie Gaussa-Krügera,
- układy lokalne.

Mapy sporządzone w tych układach są dostępne na rynku krajowym i można je swobodnie wykorzystywać do celów praktycznych i naukowych. Również wiele lokalnych systemów informacji przestrzennej zostało założonych na podstawie map sporządzonych w tych właśnie układach współrzędnych. Szczegółową charakterystykę wyżej wymienionych układów odwzorowań omówiono w dalszej części opracowania. Podkreślono mankamenty poszczególnych układów współrzędnych, na które twórcy i użytkownicy systemów informacji przestrzennej powinni zwrócić szczególną uwagę, aby uniknąć szeregu błędów, niepotrzebnych kosztów i rozczarowań z efektów pracy.

## Państwowy układ współrzędnych płaskich prostokątnych „1965”

W układzie współrzędnych „1965” sporządzone są:

- wielkoskalowe mapy znane pod nazwą „mapy zasadniczej”, opracowywane w skalach 1:500, 1:1000, 1:2000 i 1:5000,
- mapy topograficzne w skalach 1:10 000, 1:25 000 i 1:50 000.

Układ współrzędnych „1965” wprowadzony został do opracowań kartograficznych przeznaczonych dla potrzeb gospodarczych w roku 1968. Decyzja Prezydium Rządu z 1970 r. zobowiązywała do wymiany map wykonanych uprzednio w innych odwzorowaniach i układach współrzędnych (np. mapy topograficzne w skali 1:10 000 do roku 1970 opracowywane były w układzie współrzędnych „1942”) na mapy w układzie „1965” oraz wykonanie dla całego obszaru kraju prac kartograficznych umożliwiających udostępnienie map użytkownikom.

Państwowy układ współrzędnych płaskich prostokątnych nie jest układem jednolitym. Posiada on 5 stref odwzorowawczych, przy czym:

- dla czterech stref odwzorowawczych przyjęto odwzorowanie quasi-stereograficzne (odwzorowanie płaszczyznowe ukośne, wiernokątne). Są to: strefa 1 obejmująca południowo-wschodnią część Polski; strefa 2 – część północno-wschodnią; strefa 3 – część północno-zachodnią; strefa 4 – część południowo-zachodnią Polski.

- dla strefy 5 przyjęto odwzorowanie Gaussa-Krügera z 3-stopniowym pasem odwzorowawczym. Strefa 5 obejmuje byłe województwo katowickie w granicach sprzed reformy administracyjnej 1975 r.

Dane potrzebne do zdefiniowania odwzorowania stosowanego w każdej z 5 stref odwzorowawczych państwowego układu współrzędnych płaskich „1965” podano w tabeli 1.

Sporządzone są one w prostokątnym podziale arkuszowym. Linie siatki współrzędnych płaskich prostokątnych prowadzonych w odstępach:

- dla mapy zasadniczej:

$\Delta y = 80 \text{ cm}$ ;  $\Delta x = 50 \text{ cm}$ ;

- dla map topograficznych w skali 1:10 000:

$\Delta y = 80 \text{ cm}$ ;  $\Delta x = 50 \text{ cm}$ ;

- dla map topograficznych w skali 1:25 000 i 1:50 000:

$\Delta y = 64 \text{ cm}$ ;  $\Delta x = 40 \text{ cm}$ ;

dzielią każdą strefę układu „1965” na tak zwane sekcje podziałowe. Linie podziałowe wyznaczające sekcje map są równoległe do osi x i osi y układu współrzędnych płaskich prostokątnych danej strefy. Początek podziału map na sekcje prostokątne pokrywa się z początkiem układu współrzędnych płaskich prostokątnych, przechodzącym przez punkt główny danej strefy odwzorowawczej.

Podstawą podziału na sekcje i systemu oznaczenia arkuszy mapy zasadniczej w skalach 1:5000, 1:2000, 1:10 000 i 1:500 jest sekcja wielkoskalowej mapy topograficznej w skali 1:10 000.

Podstawą podziału na sekcje i systemu oznaczenia arkuszy map topograficznych w skalach 1:50 000, 1:25 000 i 1:10 000 jest sekcja mapy w skali 1:100 000 o zasięgu terytorialnym  $\Delta y = 64 \text{ cm}$  i  $\Delta x = 40 \text{ cm}$ .

Podstawowym mankamentem układu współrzędnych „1965” jest brak możliwości sporządzania jednolitych i pełnowartościowych map obszaru całego kraju. Wynika to z faktu, że poza granicami stref odwzorowawczych błędy odwzorowawcze szybko rosną, a poza tym wzajemne skręcenie i przesunięcie układów uniemożliwia tworzenie jednolitych map obszaru całej Polski. Nawet dla obszarów znajdujących się na styku dwóch lub trzech stref zachodzi konieczność dublowania arkuszy. Powoduje to, że w układzie współrzędnych „1965” około 30% arkuszy map położonych na styku stref podlega dwu-, a czasem trzykrotnemu niezależnemu opracowaniu. Ponadto brak siatki kartograficznej na mapach sporządzonych w układzie współrzędnych płaskich prostokątnych „1965” powoduje, że w ramach poszczególnych stref odwzorowawczych można budować tylko cząstkowe (ograniczone do jednej strefy) bazy danych systemów informacji przestrzennej, opartych w dodatku na siatce kilometrowej układu współrzędnych danej strefy. Będą to jednak układy o charakterze lokalnym, bez możliwości transformowania (z uwagi na zniekształcenia odwzorowawcze) informacji zawartych w bazie danych systemu informacji przestrzennej, założonego dla danej strefy odwzorowawczej do strefy sąsiedniej, a tym samym uniemożliwiające utworzenie wspólnej bazy danych obszaru całego kraju. To samo dotyczy baz danych SIP obejmujących regiony większe od jednej strefy odwzorowawczej.

Układ współrzędnych 1965	Strefa 1	Strefa 2	Strefa 3	Strefa 4	Strefa 5
Odwzorowanie kartograficzne	Quasi-stereograficzne				Gaussa-Krügera
Punkt przyłożenia elipsoidy	Pułkowo „1942”				
Jednostka miary	m	m	m	m	m
Rzędna punktu głównego X (na północ)	5 467 000,00	5 806 000,00	5 999 000,00	5 627 000,00	-4 700 000,00
Odcięta punktu głównego Y (na wschód)	4 637 000,00	4 603 000,00	3 501 000,00	3 703 000,00	237 000,00
Azymut dodatniej odciętej Y (stopnie na wschód od północy)	90	90	90	90	90
Szerokość geograficzna punktu głównego odwzorowania (stopnie)	50°37'30,0"	53°00'07,0"	53°35'00,0"	51°40'15,0"	
Długość geograficzna punktu głównego odwzorowania (stopnie)	21°05'00,0"	21°30'10,0"	17°00'30,0"	16°40'20,0"	18°57'30,0"
Współczynnik redukcji skali na południku środkowym	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,999983

Tabela 1. Dane potrzebne do zdefiniowania odwzorowania stosowanego w strefach odwzorowawczych państwowego układu współrzędnych płaskich prostokątnych „1965”

Każda strefa odwzorowawcza ma własny początek układu współrzędnych. Układy współrzędnych są wzajemnie przesunięte i skręcone. W czterech strefach odwzorowawczych (1, 2, 3, 4) rzutowania dokonano na płaszczyznę sieczną, dlatego też zniekształcenia odwzorowawcze rozkładają się wzdłuż okręgów koncentrycznych do punktu głównego i mają wartości dodatnie i ujemne od 0 do 25 cm na 1 km. W piątej strefie odwzorowawczej rzutowania dokonano na pobocznice walca siecznego, zatem zniekształcenia zerowe występują wzdłuż dwóch południków. Między tymi południkami zniekształcenia przybierają wartości ujemne, na zewnątrz nich zaś dodatnie.

Mapy sporządzane w państwowym układzie współrzędnych płaskich prostokątnych „1965” nie posiadają siatki kartograficznej.

Wzajemne wykorzystanie baz danych SIP założonych w ramach poszczególnych stref układu współrzędnych „1965” jest możliwe tylko po uprzedniej transformacji tych danych do jednolitego układu współrzędnych, np. układu współrzędnych geodezyjnych „1992”.

## Państwowy układ współrzędnych płaskich prostokątnych „1942”

Państwowy układ współrzędnych płaskich prostokątnych „1942” został wprowadzony do praktyki geodezyjnej i kartograficznej na podstawie uchwały Prezydium Rządu w 1953 r. w sprawie założenia jednolitej państwowej sieci geodezyjnej i opracowania mapy podstawowej państwa. Uchwała ta zobowiązywała do opracowania i wydania mapy topograficznej w skali 1:25 000 (mapa ta została wykonana dla całego kraju w ciągu 6 lat). Kolejna uchwała Prezydium Rządu, podjęta w 1955 r., zobowiązywała do opracowania mapy topograficznej w skali 1:10 000. Pierwsze mapy topograficzne dla potrzeb obronnych i gospodarczych opracowane były na podstawie wspólnych instrukcji (Zarządzenie nr 4 (SZTAB) z 16 lutego 1954 r. wprowadzające „Tymczasową instrukcję o opracowaniu i przygotowaniu do druku map topograficznych w skali 1:25 000 i 1:50 000”) i sporządzane były w jednolitych układach współrzędnych. Z chwilą wprowadzenia układu „1965” układ współrzędnych „1942” zarezerwowany został do opracowywania map topograficznych sporządzanych do celów obronnych.

W państwowym układzie współrzędnych płaskich prostokątnych „1942” opracowane zostały mapy topograficzne w skalach 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000 i 1:500 000. Mapy te sporządzone są w odwzorowaniu Gaussa-Krügera w 6-stopniowych pasach odwzorowawczych (elipsoida Krasowskiego, punkt przyłożenia Pułkowo, orientacja na Bugry). Jest to równokątne poprzeczne odwzorowanie elipsoidy obrotowej na pobocznice walca, przy czym środkowy południk obszaru, zwany też południkiem osiowym, odtwarza się wiernie. Obszar Polski jest odwzorowany w trzech pasach. Każdy z pasów jest odwzorowywany oddzielnie i zawiera odrębny układ współrzędnych. Mapy topograficzne sporządzone w układzie współrzędnych płaskich prostokątnych „1942” mają siatkę kartograficzną i siatkę kilometrową. Siatka kilometrowa jest utworzona przez linie proste równoległe do osi x i osi y układu współrzędnych płaskich prostokątnych danego pasa odwzorowawczego. Arkusze map topograficznych są sporządzane w podziale na sekcje trapezowo-elipsoidalne, przy czym linie podziału pokrywają się z obrazami równoleżników i południków. Formaty arkuszy wynoszą odpowiednio:

- dla mapy w skali 1:25 000:  $\Delta\phi = 5'$ ;  $\Delta\lambda = 7,5'$
- dla mapy w skali 1:50 000:  $\Delta\phi = 10'$ ;  $\Delta\lambda = 15'$
- dla mapy w skali 1:100 000:  $\Delta\phi = 20'$ ;  $\Delta\lambda = 30'$
- dla mapy w skali 1:200 000:  $\Delta\phi = 40'$ ;  $\Delta\lambda = 1^\circ$
- dla mapy w skali 1:500 000:  $\Delta\phi = 2^\circ$ ;  $\Delta\lambda = 3^\circ$ .

Punktem wyjścia do podziału na arkusze map jest Międzynarodowa Mapa Świata w skali 1:1 000 000.

Mapy topograficzne sporządzone w układzie „1942” jeszcze do niedawna były jedynymi polskimi mapami, które nie zostały celowo skażone, jak np. w układzie „1965”, przez wprowadzenie pięciu różnych, niespójnych stref odwzorowawczych.

## Układ współrzędnych płaskich prostokątnych „1992”

Rozwój metod i techniki pozyskiwania danych astronomicznych, geodezyjnych i geofizycznych oraz współczesne osiągnięcia w dziedzinie sposobów numerycznego opracowania tych danych stworzyły podstawę do poprawienia teorii ruchu i figury Ziemi oraz rewizji fundamentalnych systemów odniesienia. Na podstawie Dopplerowskich pomiarów satelitarnych, a następnie GPS, stworzone zostały nowe możliwości dla wprowadzenia wysokodokładnej metody określania punktów dla potrzeb geodezyjnych. Rozpoczęto prace zmierzające do utworzenia geocentrycznego, globalnego systemu odniesienia zwanego ITRS (International Terrestrial Reference System) opartego na pomiarach w wybranych stacjach światowych. Wskutek ruchu płyt kontynentalnych położenie stacji światowych nie jest stałe – wraz z ruchem płyt kontynentalnych stacje te przemieszczają się i położenie ich ulega zmianie. Dlatego też przy zakładaniu ITRS pomiary tych punktów odniesione zostały do epoki 1989, a system nazwano ITRS-89.

ITRS-89 stał się podstawą do utworzenia europejskiego systemu odniesienia ETRS 89 (European Reference System 1989). Woparciu o ETRS 89 opracowany został ETRF-89 (European Terrestrial Reference Frame 89) znany też pod nazwą EUREF 89.

W roku 1987 JAG oraz Komisja VIII CERCO (Comité Européen des Responsables de la Cartographie Officielle) powołały specjalną komisję i grupę roboczą, które w ścisłej współpracy podjęły badania i rozwinęły prace organizacyjne w celu opracowania nowego europejskiego systemu odniesienia – ETRS (European Terrestrial System). W pierwszej kolejności kampaniami pomiarowymi (1988 r.) objęto kraje Europy Zachodniej. Wyniki pomiarów poddane zostały wstępnej obróbce, a następnie obliczono całą sieć i ustalono ostateczny wykaz współrzędnych ETRF 89. ETRF 89 wyrażony jest w układzie współrzędnych geograficznych geodezyjnych.

W roku 1990 sieć ta została rozbudowana w kierunku północnym poprzez włączenie Islandii i Spitsbergenu oraz w kierunku południowym poprzez włączenie Turcji. W marcu 1992 r. podkomisja EUREF na sympozjum w Bernie zaakceptowała stosowanie w ETRS 89 elipsoidy GRS 80 (Geodetic Reference System 1980). W tym też roku w lipcu, w wyniku międzynarodowych pomiarów satelitarnych GPS (Global Positioning System), do ETRS-89 włączono 11 punktów na terenie Polski, a także 5 punktów na terenie byłej Czechosłowacji, 4 punkty na terenie Węgier i 11 punktów na terenie byłej NRD. W następnych latach w Polsce przeprowadzono dalsze terenowe prace pomiarowe oraz obliczenia danych dotyczących nowych punktów podstawowej i szczegółowej osnowy geodezyjnej kraju w celu określenia tych punktów we współrzędnych geograficznych geodezyjnych jednolitego europejskiego układu.

Europejski System Odniesienia charakteryzują następujące parametry:

- równikowy promień Ziemi:  $a = 6\,378\,137\text{ m}$
  - ziemska stała grawitacyjna (łącznie z atmosferą):  $GM = 3\,986\,005 \times 10^8\text{ m}^3\text{ s}^{-2}$
  - współczynnik dynamiczny kształtu Ziemi (bez uwzględnienia stałej deformacji pływowej):  $J_2 = 108263 \times 10^{-8}$
  - spłaszczenie geometryczne:  $f = 1/298,257222101$
  - prędkość obrotu Ziemi:  $w = 7\,292\,115 \times 10^{-11}\text{ rad}\times\text{s}^{-1}$ .
- Elipsoidę GRS 80 stosowaną w ETRS charakteryzują następujące elementy:

- półoś równikowa:  $a = 6\,378\,137\text{ m}$

- półoś biegunowa:  $b = 6\,356\,752,3141\text{ m}$
- kwadrat mimośrod:  $e^2 = 0,006\,694\,380\,022\,90$

$$(e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2})$$

- kwadrat drugiego mimośrod:  $e^2 = 0,006\,739\,496\,775\,48$

$$(e'^2 = \frac{e^2}{1 - e^2})$$

- trzecie spłaszczenie:  $n = 0,001\,679\,220\,394\,63$

$$(n = \frac{a - b}{a + b} = \frac{1 - \sqrt{1 - e^2}}{1 + \sqrt{1 - e^2}})$$

- długość łuku południka od równika do bieguna:

$$Q = 10\,001\,965,7293\text{ m.}$$

Wraz z włączeniem Polski do europejskiego systemu odniesień przestrzennych ETRS-89 podjęto prace nad wprowadzeniem nowego układu współrzędnych do prac geodezyjnych, kartograficznych, katastralnych i systemów informacji przestrzennej. Przy czym do prac katastralnych, prac związanych z opracowaniem mapy zasadniczej i systemów informacji terenowej opartych na wielkoskalowych opracowaniach kartograficznych lub danych pozyskiwanych bezpośrednio z terenu przewiduje się wprowadzenie czterech układów współrzędnych płaskich prostokątnych oznaczonych symbolami 1992/15, 1992/18, 1992/21, 1992/24.

Do opracowania map topograficznych w skali 1:10 000 i mniejszych wprowadza się jeden układ współrzędnych płaskich prostokątnych, oznaczony symbolem 1992/19. Układy 1992/15, 1992/18, 1992/21 i 1992/24 są tworzone na podstawie współrzędnych geograficznych geodezyjnych B, L w układzie europejskim ETRF 89, natomiast współrzędne płaskie prostokątne x, y są obliczane w odwzorowaniu Gaussa-Krügera w trzystopniowych pasach odwzorowawczych o południkach osiowych równych 15°, 18°, 21° i 24° i współczynniku zmiany skali w południku osiowym równym 0,999923. Według danych opracowanych w Departamencie Geodezji GUGiK (wersja z 2.09.1998 r.) charakterystyka ww. układów i podział arkuszy mapy przedstawia się następująco:

- początkiem układu współrzędnych w danym pasie odwzorowania jest punkt przecięcia się obrazu południka osiowego z obrazem równika. Przy określaniu współrzędnych – współrzędna x pozostaje nie zmieniona, a do współrzędnej y w zależności od południka osiowego dodaje się: 5 500 000 m przy południku  $L_0 = 15^\circ$ , 6 500 000 m przy południku  $L_0 = 18^\circ$ , 7 500 000 m przy południku  $L_0 = 21^\circ$ , 8 500 000 m przy południku  $L_0 = 24^\circ$ .

- Mapa zasadnicza jest prowadzona w formie numerycznej z możliwością przedstawienia jej treści w formie kartograficznej (klasycznej). Mapę zasadniczą w formie kartograficznej wykonuje się w podziale sekcyjnym prostokątnym. Dla mapy zasadniczej w tej formie stosuje się jednolity dla każdego pasa podział na arkusze mapy. W miarę potrzeb wynikających z realizacji konkretnych praktycznych zadań obszar terenu na skraju danego pasa sięga do granic naturalnych lub granic władania (jednostek administracyjnych).

- Podstawą do określania formatów i numeracji arkuszy mapy zasadniczej w skalach 1:5000,

1:2000, 1:1000, 1:500 w podziale arkuszowym prostokątnym jest arkusz mapy 1:10 000 o wymiarach 5 km na 8 km.

- Godło arkusza mapy w skali 1:10 000 tworzy grupa trzech liczb A B C, gdzie:

A – jest liczbą jednocyfrową oznaczającą numer południka osiowego pasa odwzorowania (5, 6, 7 lub 8), określaną w myśl formuły:

$$A = L_0/3,$$

gdzie  $L_0$  – południk osiowy danego pasa (15°, 18°, 21° lub 24°);

B – jest liczbą trzycyfrową, obliczoną jako liczba całkowita:

$$B = \text{int}(\frac{x_1 - 4920}{5}),$$

gdzie:  $x_1$  – współrzędna x dowolnego punktu z obszaru odwzorowania danego arkusza 1:10 000 wyrażona w kilometrach od równika;

C – liczba dwucyfrowa, obliczona jako liczba całkowita:

$$C = \text{int}(\frac{y_1 - 332}{8}),$$

gdzie:  $y_1$  – współrzędna y dowolnego punktu z obszaru odwzorowania danego arkusza 1:10 000 wyrażona w kilometrach bez początkowej cyfry oznaczającej numer pasa odwzorowawczego.

- Godłem arkusza mapy zasadniczej w skali 1:5000, 1:2000 i 1:1000 jest godło danego arkusza w skali 1:10 000 uzupełnione cechą wynikającą z podziału:

- arkusza mapy w skali 1:10 000 na 4 arkusze mapy w skali 1:5 000 – oznaczone cyframi 1, 2, 3, 4;

- arkusza mapy w skali 1:10 000 na 25 arkuszy mapy w skali 1:2 000 – oznaczone cyframi 01, 02, 03, 04, 05, ..., 25;

- arkusza mapy w skali 1:2000 na 4 arkusze mapy w skali 1:1000 – oznaczone cyframi 1, 2, 3, 4;

- arkusza mapy w skali 1:1000 na 4 arkusze mapy w skali 1:500 oznaczone cyframi 1, 2, 3, 4.

Układ współrzędnych stosowany przy opracowaniu map topograficznych w skali 1:10 000 i skalach mniejszych oznaczony jest symbolem 1992/19. Według wspomnianych danych opracowanych wDe-

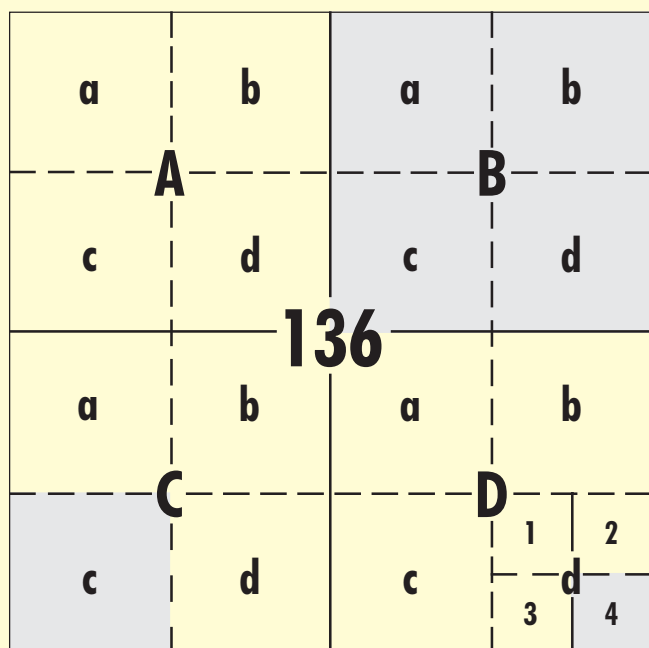
Arkusz mapy w skali	Na arkuszu mapy w skali					Wymiary arkusza (w km)		Pole powierzchni arkusza (w ha)	Przykłady godła				
	1:10 000	1:5 000	1:2 000	1:1000	1:500	wzdłuż osi x	wzdłuż osi y		1:10 000	1:5 000	1:2 000	1:1000	1:500
	liczba arkuszy								1:10 000	1:5 000	1:2 000	1:1000	1:500
1:10 000	1	–	–	–	–	5,0	8,0	4000	6 115 27				
1:5000	4	1	–	–	–	2,5	4,0	1000	6 115 27 1 ... 6 115 27 4				
1:2000	25	6,25*	1	–	–	1,0	1,6	160	6 115 27 01 ... 6 115 27 25				
1:1000	100	25	4	1	–	0,5	0,8	40	6 115 27 25 1 ... 6 115 27 25 4				
1:500	400	100	16	4	1	0,25	0,4	10	6 115 27 25 4 1 ... 6 115 27 25 4 4				

\*)  $4+4 \times 1/2 + 1 \times 1/4$

Tabela 2. Wymiary i pola powierzchni arkuszy mapy zasadniczej w poszczególnych skalach

partamencie Geodezji GUGiK charakterystyka wyżej wymienionego układu i podział arkuszowy mapy przedstawiają się następująco:

1. Układ „1992/19” oparty jest na współrzędnych geograficznych geodezyjnych w układzie europejskim ETRF 89 (ang. *European Terrestrial Reference Frame 1989*).
2. Współrzędne płaskie prostokątne x, y dla obszaru Polski są obliczane w odwzorowaniu kartograficznym Gaussa-Krügera, w pasie 10-stopniowym przy południku osiowym  $L_0 = 19^\circ$  i przy współczynniku skali na południku osiowym  $m = 0,9993$ .
3. Początkiem układu „1992/19” jest punkt przecięcia się obrazu południka osiowego  $L_0 = 19^\circ$  z obrazem równika, przy czym przy określaniu ostatecznych współrzędnych – od współrzędnej x odejmuje się 5 300 000 m, a do współrzędnej Y dodaje się 500000 m. Linie stałych zniekształceń odwzorowawczych w 10-stopnio-



Zasady podziału i oznaczenia arkuszy map topograficznych w ukl. „1992”

wej strefie odwzorowawczej Gaussa-Krügera układają się równolegle do południka osiowego. W celu bardziej równomiernego rozkładu zniekształceń odwzorowawczych i znacznego zmniejszenia ich wartości przyjęto współczynnik kurczenia południka osiowego w odwzorowaniu Gaussa-Krügera  $m_0 = 99993$ . W związku z powyższym zniekształcenia odwzorowawcze mają wartości dodatnie i ujemne: od  $-70$  cm na 1 km wzdłuż południka osiowego  $= 19^\circ$  do  $+60$  cm na 1 km na zachodzie i  $+90$  cm na 1 km na wschodzie Polski.

### Układy lokalne

W Polsce istnieją jeszcze wielkoskalowe mapy dla terenów miejskich sporządzane w układach lokalnych. Mapy te pełnią rolę mapy zasadniczej. Ogółem ocenia się, że w Polsce istnieje około 150 układów lokalnych. Zakład Kartografii IGiK, na zlecenie Departamentu Geodezji Gospodarczej Ministerstwa Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa, dokonał przeglądu lokalnych układów współrzędnych w 3 wybranych województwach (tj. byłym koszalińskim, białostockim i rzeszowskim). Ogółem przeanalizowano 11 układów lokalnych: 4 z białostockiego, 6 z koszalińskiego i 1 z rzeszowskiego. Zebrane dane geodezyjne i materiały kartograficzne przeanalizowano pod kątem ich przydatności dla charakterystyki danego układu lokalnego i możliwości ewentualnego wykorzystania w dalszych pracach związanych z przeliczeniem współrzędnych z układów lokalnych na nowy, jednolity dla całego kraju, układ współrzędnych geodezyjnych. Wyniki analizy pozwalają stwierdzić, że istniejące układy lokalne są zróżnicowane nie tylko pod względem sposobu ich tworzenia, ale również charakteryzujących je parametrów technicznych, a także kompletności materiałów dokumentacyjnych.

W zasadzie można wyróżnić cztery grupy układów lokalnych:

- układy lokalne posiadające wszystkie dane niezbędne do transformacji do jednolitego krajowego układu współrzędnych;
- układy lokalne o rozpoznanych parametrach technicznych, posiadające jednoznacznie określone punkty łączne niezbędne do transformacji do jednolitego układu współrzędnych;
- układy lokalne o ograniczonych możliwościach transformacji na jednolity układ współrzędnych geodezyjnych – brak moż-

liwości prostego opracowania prawidłowych formuł przeliczenia współrzędnych układu lokalnego do układu krajowego – braki w dokumentacji;

■ układy lokalne nie nadające się do transformacji do krajowego układu współrzędnych.

Z analizy układów lokalnych wynika, że do oceny nie można stosować prostych uogólnień. Każdy układ lokalny musi być oddzielnie badany i oceniany. W badaniach należy uwzględnić następujące dane geodezyjne i dokumentację obejmującą:

- rozmiary elipsoidy (nazwę elipsoidy), punkt główny i orientację (azymut);

Arkusz mapy w skali	Na arkuszu mapy w skali				Wymiary arkusza		Przykłady godła	Odstępy siatki kilometrowej na mapie	Wymiary arkusza (w km)		Pow. arkusza (w km <sup>2</sup> )
	1:1 000 000	1:100 000	1:50 000	1:25 000	wzdłuż szerokości	wzdłuż długości			wzdłuż szerokości	wzdłuż długości	
	liczba arkuszy										
1:1 000 000	1				4°	6°	M-34		430	445	191 287
1:500 000	4				2°	3°	M-34-D		220	222	48 828
1:200 000	36				40'	1°	M-34-XXXI	2 cm (4 km)	74	74	5 496
1:100 000	144				20'	30'	M-34-136	2 cm (2 km)	37	37	1 379
1:50 000		4			10'	15'	M-34-136-B	2 cm (1 km)	18,5	18,5	345
1:25 000			4		5'	7,5'	M-34-136-C-c	4 cm (1 km)	9,7	9,7	86
1:10 000				4	2,5'	3,75'	M-34-136-D-d-4	10 cm (1 km)	4,7	4,7	21

Uwaga: Wymiary arkuszy map topograficznych wzdłuż szerokości i długości oraz ich powierzchnie odnoszą się do wszystkich arkuszy występujących w tym samym pasie co arkusze podane w przykładzie godła. Wymiary i powierzchnie arkuszy maleją ku północy, natomiast zwiększają się ku południowi.

Tabela 3. Orientacyjne wymiary i powierzchnie arkuszy map topograficznych w układzie „1992”

- przyjęty południk osiowy i jego współczynnik skali (np. z uwagi na średni poziom wysokości terenu n.p.m. lub zmniejszenie bezwzględnej wartości zniekształceń odwzorowawczych);
- początek układu współrzędnych ( $X_0$ ,  $Y_0$ );
- współrzędne punktów identycznych (sieci głównej układu lokalnego i układu państwowego);
- przesunięcie i skręt układu państwowego (jeżeli w ten sposób powstał układ lokalny);
- kopie lub odpisy z materiałów, takich jak:
  - szkice sieci lokalnych (obrazujących zasięg sieci),
  - sprawozdania z wyrównania sieci lub inne dokumenty opisowe dotyczące tworzenia układu lokalnego,
  - wykazy współrzędnych,
  - opisy topograficzne punktów łącznych (w przypadku trudności w identyfikacji punktów).

Zebrane w różnych ośrodkach terenowych informacje i dane geodezyjne należy porównać z danymi znajdującymi się w Centralnym Ośrodku Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej. Dane te powinny stanowić podstawę do ewentualnego zakwalifikowania układu lokalnego do przeliczenia go do krajowego układu współrzędnych.

## Uwagi ogólne

Omówione cechy charakterystyczne układów współrzędnych odwzorowań kartograficznych stosowanych do opracowania mapy zasadniczej i map topograficznych w pełni uzasadniają i dokumentują potrzebę pełnej znajomości wad i mankamentów wynikających z podstaw matematycznych wykorzystywanych map. Świadomość ta jest niezbędna zwłaszcza twórcom systemów informacji przestrzennej, a także wszystkim tym, którzy biorą bezpośredni lub pośredni (projektotwórczy) udział w zapewnieniu baz danych, w tym zwłaszcza o zasięgu regionalnym, ogólnokrajowym, a także międzynarodowym. Na przykład znajomość cech charakterystycznych układów współrzędnych „1965” oraz świadomość, że dane pozyskiwane z map sporządzonych w różnych strefach odwzorowawczych tego układu nie poddają się agregacji bez uprzedniego przeprowadzenia specjalnych zabiegów umożliwiających transformację do jednego wspólnego układu współrzędnych, może ustrzec od wielu błędów, niepotrzebnych kosztów i rozczarowań efektami pracy.

Tendencje światowe w zakresie tworzenia globalnego i europejskiego systemu odniesień przestrzennych znalazły swój wyraz w utworzeniu ITRS 89, a następnie ETRS i ETRF 89. W wyniku międzynarodowych pomiarów satelitarnych GPS Polska została włączona do europejskiego systemu odniesień przestrzennych. Obecnie polska sieć geodezyjna została obliczona, zdefiniowany też został jednolity system odniesień przestrzennych oznaczony symbolem „1992”, przewidziany do stosowania na terenie całego kraju w pracach geodezyjnych, kartograficznych, katastralnych i systemach informacji przestrzennej. Do wprowadzenia przygotowane zostały układy współrzędnych płaskich prostokątnych „1992”. W tej sytuacji nieodzownym warunkiem staje się obliczenie współczynników umożliwiających przeliczenie układów współrzędnych geograficznych geodezyjnych opartych na elipsoidzie Krassowskiego i pochodnych układów współrzędnych płaskich prostokątnych oznaczonych symbolem „1965” oraz układów lokalnych na krajowy układ współrzędnych „1992”.

## Doktryna SIP

Przyjmijmy na użytek niniejszej pracy następującą doktrynę SIP jako rozszerzenie (na zasadzie zastąpienia określenia „kataster” określeniem „system informacji przestrzennej”) *doktryny*

*współczesnego katastru* zaproponowanej w pracy Karola Szeliği *Doktryna współczesnego katastru* (Materiały VIII Konferencji Naukowo-Technicznej Polskiego Towarzystwa Informatyki Przestrzennej nt. „Systemy informacji przestrzennej”, Warszawa 19-21 maja 1998 r.):

1. Funkcjonowanie SIP jest ciągle w czasie; stan rzeczywistości SIP-owskiej w danym momencie dotyczący określonego punktu przestrzeni SIP-owskiej koresponduje ze stanem poprzednim.
2. SIP podlega permanentnej modernizacji – zarówno w związku ze zmianami jego funkcji w państwie, jak też z uwagi na rozwój systemów informacyjnych; modernizacja ta dokonuje się w znacznej mierze na zasadzie samoregulacji, ma ona charakter immanentny.

Zatem warunkiem pewnego minimum funkcji, jakie winien realizować SIP, jest opis stanu tak określonej czasoprzestrzeni oraz zapewnienie odpowiednio sprawnego „mechanizmu” identyfikacji poszczególnych punktów tej czasoprzestrzeni. Podstawę tego mechanizmu stanowią *układ odniesień przestrzennych* oraz *oś czasu*.

## Czynniki doboru systemu odniesień przestrzennych

Dobór systemu odniesień przestrzennych wymaga uwzględnienia szeregu czynników, w tym także wzajemnie przeciwstawnych, takich jak:

### a) Poziom szczegółowości informacji

Generalnie będzie on zróżnicowany z co najmniej dwóch względów: ■ z uwagi na użytkownika systemu (szczebel gminny, powiatowy, wojewódzki i centralny); ■ z uwagi na źródło informacji zasilającej system (mapa zasadnicza, kataster, mapa topograficzna, dane statystyczne, ekonomiczne itp. odniesione do różnych obiektów wyodrębnionych na powierzchni Ziemi). Podstawowym czynnikiem łączenia informacji (w sensie tworzenia systemu) jest ich lokalizacja na powierzchni Ziemi (uporządkowanie wg kryterium przestrzennego) realizowana w jednolity sposób (w jednolitym systemie odniesień przestrzennych).

### b) Postulat jednolitości a postulat różnorodności systemu odniesień przestrzennych

System ten winien zatem zapewnić z jednej strony jednolitość w sensie wspólnego odniesienia przestrzennego dla informacji pochodzących z różnych źródeł zarówno co do stopnia ich szczegółowości, jak też ujęcia ich w różnych układach odniesienia, z drugiej zaś strony – różnorodność stopnia szczegółowości z uwagi na różne wymagania użytkowe systemu.

### c) Kryterium przydatności układów współrzędnych płaskich prostokątnych

Zakładając realizację całej geometrii analitycznej systemu informacji przestrzennej na współrzędnych elipsoidalnych, co teoretycznie jest dziś możliwe, a co zarazem ograniczałoby rolę układu współrzędnych płaskich prostokątnych do graficznej prezentacji treści systemu na płaszczyźnie (na papierowej mapie lub na ekranie monitora), problem zniekształceń odwzorowawczych w praktyce zostałby w zasadzie wyeliminowany; dla całego obszaru kraju można byłoby przyjąć jeden układ współrzędnych płaskich prostokątnych. Niestety, już choćby z uwagi na przyzwyczajenia środowiska inżynierskiego system winien – chociaż przez pewien czas – funkcjonować w układach współrzędnych płaskich prostokątnych, poczynając od osnowy szczegółowej. Konieczne jest więc dobranie takich odwzorowań (np. o takiej szerokości pasów), by zniekształcenie odwzorowawcze mogło być zaniedbywalne wobec obowiązującego standardu



dokładności wzajemnego położenia odnośnych punktów. Dotychczasowe „standardy” określają to jako błąd średni 0,10 m względem najbliższej osnowy. Z uwagi m.in. na obecną cenę gruntów należy się liczyć ze znacznym zaostrzeniem tego „standardu” nawet do granicy fizycznej identyfikacji punktu granicznego nieruchomości, tj. rzędu 0,01 m. Dobrana stosownie do niego graniczna wartość zniekształcenia odwzorowawczego zdeterminuje wymiary układu odwzorowania.

#### d) Problem cyfrowego zapisu granic jednostek podziału terytorialnego kraju

Zasygnalizowana konieczność stosowania wielu układów współrzędnych płaskich prostokątnych spowoduje zaistnienie dwóch wzajemnie sprzecznych tendencji: ■ jeden wspólny układ współrzędnych na granicy dwóch jednostek, ■ jeden układ współrzędnych dla obszaru całej jednostki.

### Infrastruktura geodezyjna SIP w Polsce

**Jednolity system odniesień przestrzennych 1992.** Prace nad tym systemem – omówione szczegółowo powyżej – są zaawansowane już w takim stopniu, że jest obecnie przygotowywane rozporządzenie Rady Ministrów „w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych”. Mówiąc ogólnie: jest on określony jako układ współrzędnych geograficznych geodezyjnych ETRF-89 oraz następujące układy współrzędnych płaskich prostokątnych:

■ dla celów katastralnych i mapy zasadniczej w skali 1:5000 i większych – 4 układy 1992/15, 1992/18, 1992/21 i 1992/24, w systemie GRS 80;

■ dla map topograficznych w skali 1:10 000 i mniejszych – jeden układ dla całego obszaru kraju 1992/19, w systemie GRS 80;

■ dla mapy topograficznej dla celów obronnych – dodatkowy układ, w systemie WGS 84.

Poza tym rozważany jest też 10-stopniowy układ współrzędnych 1992 dla ewentualnego wykorzystania m.in. do celów katastralnych.

**Standaryzacja infrastruktury geodezyjnej SIP.** Zagadnienie standaryzacji, mające nie tylko fundamentalne znaczenie dla SIP, lecz także wręcz podstawowe znaczenie dla funkcjonowania i rozwoju geodezji, nie zostało – jak dotąd – dostrzeżone we właściwym wymiarze przez odnośne organy administracji geodezyjnej. Z punktu widzenia SIP do głównych zadań w tym zakresie należy zaliczyć:

■ formuły matematyczne i oprogramowanie transferu dotychczasowych systemów odniesień przestrzennych do systemu standardowego,

■ standard transferu danych geodezyjnych, w szczególności na poziomie wykonawstwa geodezyjnego – ośrodki dokumentacji geodezyjnej i kartograficznej, uzgodniony ze standardem „rządowym” (międzyresortowym, międzybranżowym),

■ środki techniczne transferu danych niestandardowych do systemu standardowego.

Do zadań tych zaliczono powyżej nawet *środki techniczne transferu danych* z uwagi na to, by tą drogą w możliwie najwyższym stopniu uniezależnić powstawanie systemu od uwarunkowań lokalnych (finansowych i technicznych).

Opracowanie wykonane zostało w ramach projektu badawczego PBZ 024-13

**Dr hab. Karol Szeliga** jest profesorem Instytutu Geodezji i Kartografii

**Dr hab. Krystyna Podlacha** jest profesorem Instytutu Geodezji i Kartografii



**Sprzęt geodezyjny** firm: NIKON, TOPCON, SOKKIA, BERGER, BHI i innych



**Sprzęt kreślarski** firm: STANDARDGRAPH-MECANORMA, KIN, ROTRING, STAEDTLER



**Światłokopiarki** firm: REGMA, NEOLT

**Materiały eksploatacyjne** firm: REGMA, RENKER



**Materiały do ploterów** – papiery, folie, kalki  
**Folie kserograficzne**



**Pomocniczy sprzęt geodezyjny:** ruletki, piony, węgielnice, łaty, tyczki, lustra, statywy



**GEOZET S.C.**

**01-018 Warszawa, ul. Wolność 2a, tel./faks 838-41-83**