

GEOMATYKA

studia niestacjonarne
program rozszerzony, wykład 2.
2025



dr inż. Paweł Strzeliński

**Biuro Urządzania Lasu
i Geodezji Leśnej
Oddział w Brzegu**

**Katedra Urządzania Lasu
Wydział Leśny i Technologii Drewna
UP w Poznaniu**

NUMERYCZNY MODEL TERENU

Numeryczny model terenu **NMT** (ang. **Digital Terrain Model – DTM**) oznacza zbiór odpowiednio wybranych punktów powierzchni o znanych współrzędnych oraz algorytmów umożliwiających odtworzenie jej kształtu dla określonego obszaru.

Wyróżnia się dwa podstawowe rodzaje modeli transformacji danych punktowych w trójwymiarowy obraz terenu:

- model wektorowy, stanowiący nieregularną siatkę trójkątów (TIN),
- model rastrowy, w postaci regularnej siatki, najczęściej kwadratów.

NUMERYCZNY MODEL TERENU – MODEL TIN

Model TIN polega na tworzeniu sieci trójkątów opartych wierzchołkami o punkty kontrolne.

Technika łączenia punktów kontrolnych w sieć trójkątów nosi nazwę triangulacji Delaunay (Delone).

NUMERYCZNY MODEL TERENU – MODEL TIN

NMT w strukturze TIN

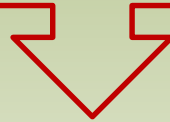
Źródło: Kurczyński Z. (http://www.geoforum.pl/pages/index.php?page=nmt_tele)

NUMERYCZNY MODEL TERENU – MODEL GRID

NMT w strukturze GRID, uzupełnionej liniami nieciągłości terenu (widok perspektywiczny).
Źródło: Kurczyński Z. (http://www.geoforum.pl/pages/index.php?page=nmt_tele)

NUMERYCZNY MODEL TERENU – METODY TWORZENIA

- **Naziemny skaniny laserowy (TLS – Terrestrial Laser Scanning)**
- **Lotniczy skaniny laserowy (ALS – Airbone Laser Scanning)**



technologia skaniny laserowego zostanie przedstawiona na ostatnim wykładzie

- **Interferometria radarowa (InSAR – Interpherometry Synthetic Aperture Radar)** – polega na obrazowaniu powierzchni terenu w zakresie mikrofalowym (radarowym) z pułapu lotniczego lub satelitarnego; metoda przydatna do opracowania NMT na dużych obszarach

NUMERYCZNY MODEL TERENU – OBRAZ LASEROWY

Efektem przetwarzania danych lidarowych jest punktowa reprezentacja pewnej powierzchni, może to być:

- **Numeryczny Model Terenu – NMT** (ang. **DTM** – Digital Terrain Model),
- **Numeryczny Model Pokrycia Terenu – NMPT** (ang. **DSM** – Digital Surface Model) lub szczegółowo w odniesieniu do drzewostanu – Numeryczny Model Warstwy Koron (NMWK),
- **znormalizowany Numeryczny Model Pokrycia Terenu – zNMPT** (ang. **nDSM** – normalized Digital Surface Model), który w odniesieniu do powierzchni leśnej powstaje przez „odjęcie” NMT od NMPT, a więc otrzymujemy Numeryczny Model Powierzchni Koron.

NUMERYCZNY MODEL TERENU – OBRAZ RADAROWY

Interferogram

Przetworzony obraz radarowy

Źródło: Kurczyński Z.

(http://www.geoforum.pl/pages/index.php?page=Interferometria_radarowa&id_catalog_text=181)

BAZY DANYCH

Baza danych – to uporządkowany zbiór wzajemnie ze sobą powiązanych informacji.

Baza danych (w ujęciu prawnym) – termin ten oznacza, w rozumieniu Ustawy z dnia 27 lipca 2007 r. o ochronie baz danych, zbiór danych lub jakichkolwiek materiałów i elementów zgromadzonych według określonej systematyki lub metody, indywidualnie dostępnych w jakikolwiek sposób, w tym środkami elektronicznymi, wymagający istotnego, co do jakości lub ilości, nakładu inwestycyjnego w celu sporządzenia, weryfikacji lub prezentacji jego zawartości.

BAZY DANYCH

System bazy danych – to baza danych wraz z oprogramowaniem umożliwiającym operowanie na niej.

Podstawowe składowe systemu bazy danych:

- dane
- oprogramowanie
- procedury
- sprzęt
- ludzie

BAZY DANYCH

Dane:

- dane podstawowe
- metadane

Oprogramowanie:

- systemy operacyjne
- programy specjalistyczne (zarządzanie danymi)
- programy użytkowe

Procedury:

- zasady projektowania
- zasady użytkowania
- zasady udostępniania

Sprzęt:

- ...

Ludzie:

- projektanci
- administratorzy
- użytkownicy

BAZY DANYCH

Bazy danych zajmują się modelowaniem otaczającego nas świata. Dowolny fragment rzeczywistości możemy próbować opisać w postaci danych w bazie, które traktowane są jako reprezentacja faktów, wiedzy o otaczającym świecie.

Powstaje model, za pomocą którego przedstawiamy w komputerze wycinek realnego świata.

Każda dziedzina może być objęta bazą danych pod warunkiem, że da się dobrze odzwierciedlić jej strukturę czyli, że uda się opisać jej elementy, znaleźć między nimi związki itd.

BAZY DANYCH

Baza danych to uporządkowany zbiór wzajemnie ze sobą powiązanych informacji. Powiązanie to uzyskuje się poprzez stosowanie odpowiednich struktur danych.

➤ Bazy proste:

- bazy kartotekowe
- bazy sieciowe
- bazy hierarchiczne

➤ Bazy złożone :

- bazy relacyjne
- bazy obiektowe
- bazy relacyjno-obiektowe
- bazy strumieniowe
- bazy temporalne

BAZY DANYCH

Bazy kartotekowe – są złożone z jednej lub kilku tablic zawierających rekordy, z których każdy zawiera identyczną strukturę pól. Każda tablica danych jest samodzielnym dokumentem i nie współpracuje z innymi tablicami.

RELACYJNE BAZY DANYCH

Relacyjne bazy danych to **zbiory tablic** o dowolnej liczbie wierszy i kolumn z podanymi cechami konkretnych obiektów przestrzennych, na których można dokonywać operacji selekcji, łączenia itp. za pomocą operatorów logicznych i teorii mnogości.

Podstawową ich zaletą jest elastyczność i łatwość implementacji, a wadą czasochłonność (i związany z nią znaczny koszt) przeszukiwania tabel oraz operacji łączenia tabel.

RELACYJNE BAZY DANYCH

TABLICA 1

POW	TYP_S	W_REB	ZWAR	ZADRZ	M3/H	ODDZ
...						
0,50	Bśw	110	um.	0,8	280	59a
1,95	BMśw	110	um.	0,7	180	59b
0,50	LMw	110	peł.	0,9	0	59c
1,38	BMw	80	peł.	0,8	0	59d
1,40	Bśw	110	prz.	0,7	160	59f
1,19	BMw	80	um.	0,8	190	59g
3,35	Bśw	110	um.	1,0	330	59h
1,47	Bśw	110	peł.	0,9	80	59i
3,27	BMw	110	peł.	0,8	100	59j
0,77	OI	80	um.	0,8	150	59k
10,45	Bśw	110	prz.	0,9	248	60a
0,70	BMśw	110	um.	0,8	370	60c
3,54	BMśw	80	luž.	0,5	130	60d
1,52	BMśw	110	prz.	0,8	300	60f
...						

TABLICA 2

ODDZ	WARST	GAT	UDZ	WIEK	BON
...					
59b	lp	So	9	41	I
59b	lp	Brz	1	41	II
59b	lp	Db	pjd.	41	0
59b	lp	Md	miejsc.	41	0
59b	podsz.	Czm	0	0	0
59b	podsz.	Db	0	0	0
59c	lp	So	9	5	II
59c	lp	Św	1	5	II
59c	lp	OI	miejsc.	5	0
59c	lp	Brz	miejsc.	5	0
59c	lp	Olsz	miejsc.	5	0
59c	podsz.	Czm	0	0	0
59c	podsz.	Brz	0	0	0
...					

Przykład relacyjnej bazy danych złożonej z dwóch tablic

SIECIOWE BAZY DANYCH

Przykładem sieciowych baz danych może być **Internet**.

- Sieciowe bazy danych charakteryzują się największą dowolnością powiązań, a reguły ich dotyczące są bardzo elastyczne.
- Każda jednostka informacji może być powiązana z dowolną liczbą pozostałych.
- Duża elastyczność takiej bazy, wiąże się często z chaosem w jej konstrukcji, co wpływa niejednokrotnie na spowolnienie, zamiast przyśpieszenia, wyszukiwania danych.

HIERARCHICZNE BAZY DANYCH

Hierarchiczne bazy danych to struktury danych złożone z relacji, w których istnieją:

- pojedyncza jednostka macierzysta,
- wiele jednostek jej podległych.

Przeszukiwanie takich zbiorów informacji polega na schodzeniu po drzewie zależności w dół, a następnie przeszukiwaniu jego poszczególnych poziomów.

Ten typ baz nadaje się bardzo dobrze do pewnych zastosowań. Są one szybsze od baz relacyjnych, jednak bardzo ograniczają możliwość budowy struktur informatycznych, gdyż są zbyt mało elastyczne.

ANALIZY PRZESTRZENNE

Analiza przestrzenna w leśnictwie i ochronie środowiska leśnego ma pomóc w uzyskaniu odpowiedzi na następujące pytania:

Analizy proste (wyszukiwanie)

- Co znajduje się na danym obszarze?
- Gdzie są obiekty o określonych atrybutach?

Analizy złożone

- Co się zmieniło w okresie „od ... do ...”?
- Od jakich cech przestrzennych zależy występowanie danego zjawiska?
- Co będzie się działo z danym obiektem (zjawiskiem) jeśli ..?

FUNKCJE ANALIZ PRZESTRZENNYCH

W rozwiązywaniu wymienionych problemów pomocne są następujące funkcje analiz przestrzennych:

1. wyszukiwanie i klasyfikacja (modyfikacji podlegają wyłącznie dane atrybutowe),
2. pomiary,
3. funkcje sąsiedztwa,
4. funkcje łączenia,
5. funkcje nakładania,
6. modelowanie kartograficzne.

SYSTEMY NAWIGACJI SATELITARNEJ – HISTORIA

SPUTNIK 1 (4 października 1957, ZSRR) – pierwszy sztuczny satelita.

SYSTEMY NAWIGACJI SATELITARNEJ – HISTORIA

MINITRACK (1958, NAVSPASUR – 1961; USA) – pasywny system śledzący satelity, wykorzystujący emitowane przez nie sygnały; związany był do śledzenia orbit radzieckich satelitów.

TRANSIT (17.09.1959; USA) – pierwszy satelita nawigacyjny umożliwiający określenie pozycji obiektów (np. rakiet balistycznych) w dwóch wymiarach (długość i szerokość geograficzna). Od 1964 r. system 4 satelitów umożliwiał precyzyjne pozycjonowanie (m.in. łodzi podwodnych).

CYKLON (15.05.1967; ZSRR) – reakcja na system TRANSIT; początkowo dokładność wynosiła ok. 3 km; w 1969 – już 100 m; pełna operacyjność – od 27.02.1978.

SYSTEMY NAWIGACJI SATELITARNEJ – HISTORIA

W **1968** roku Departament Obrony USA podjął decyzję o połączeniu istniejących programów, w celu stworzenia ogólnoswiatowego, odpornego na warunki pogodowe, trójwymiarowego systemu nawigacyjnego, nazwanego **Navstar GPS** (Navigation System with Time And Ranging).

Pierwszy, eksperymentalny blok satelitów (**10 czynnych** i 1 uszkodzony) został był umieszczony na orbicie i działał w latach **1978-1985** (pierwszy umieszczony na orbicie 22.02.1978).

17 stycznia 1994 na orbitach pojawiła się pełna konstelacja – **24 czynne satelity**.

System **w pełni operacyjny** (jako ogólnoswiatowy) stał się w **kwietniu 1995**.

SYSTEMY NAWIGACJI SATELITARNEJ (NSS)

GPS (Global Positioning System) – Globalny System Wyznaczania Pozycji lub System Globalnego Pozycjonowania, to system umożliwiający wyznaczenie pozycji dowolnego punktu na globie ziemskim.

Systemy nawigacji satelitarnej (NSS - Navigation Satellite Systems) – to systemy umożliwiające wyznaczanie pozycji oraz nawigację (z punktu do punktu). Ze względu na zasięg można je podzielić na:

- globalne,
- regionalne.

SYSTEMY NAWIGACJI SATELITARNEJ (NSS)

Globalne systemy nawigacji satelitarnej (GNSS - Global Navigation Satellite Systems) – za początek jego „istnienia” przyjmuje się datę **15 października 1993** roku, gdy 68 delegatów z 11 państw (w tym Polski) zawarło wstępne porozumienie w sprawie uruchomienia GNSS.

Regionalne systemy nawigacji satelitarnej (RNSS - Regional Navigation Satellite Systems)

GLOBALNE SYSTEMY NAWIGACJI SATELITARNEJ (GNSS)

GNSS stanowią ([24.02.2020](#)):

- **Navstar GPS (USA)** – 31 satelitów
- **BeiDou 2 (Chiny)** – 49 satelitów
- **GLONASS (Rosja)** – 24 satelity
- **Galileo (EU)** – 24 satelity

które obejmują swoim zasięgiem całą Ziemię; okrążając glob na średnich orbitach (MEO - Medium Earth Orbit).

NAVSTAR GPS – SKŁADOWE SYSTEMU

System składa się z trzech grup elementów:

- **część przekaźnikowa** - systemu 24 satelitów umieszczonych na 6 okołoziemskich orbitach na wysokości 20200 km nad powierzchnią Ziemi, z których każdy transmituje informację czasową oraz dane nawigacyjne. Czas obiegu orbit wynosi około 12 godzin, przy czym są one rozmieszczone w ten sposób, aby z każdego punktu na Ziemi było widocznych co najmniej 5 nadajników. Taka konfiguracja umożliwia, z małymi wyjątkami, wyznaczenie pozycji dowolnego miejsca na powierzchni Ziemi o dowolnej porze dnia lub nocy.
- **część naziemna** - Głównej Stacji Nadzoru (Master Control Station w Bazie Sił Powietrznych Falcon w Colorado Springs) i lokalnych stacji monitorujących,
- **część odbiorcza** - odbiorników, którymi posługują się użytkownicy systemu GPS.

NAVSTAR GPS – POZIOMY DOKŁADNOŚCI

GPS zapewnia dwa poziomy dokładności:

- **Dokładny Serwis Pozycyjny** (PPS - Precise Positioning Service)
- **Standardowy Serwis Pozycyjny** (SPS - Standard Positioning Service).

Dokładny serwis pozycyjny - PPS dostępny jest tylko dla autoryzowanych użytkowników, zapewniając wysoką dokładność danych o pozycji i czasie.

Do autoryzowanych użytkowników należą: Siły Zbrojne USA i NATO (o autoryzacji użytkownika decyduje Departament Obrony USA).

NAVSTAR GPS

Zespół satelitów stanowi przestrzenny ruchomy układ odniesienia wspólny dla całego globu ziemskiego.

Specjalnie dobrane parametry orbit zapewniają warunek widoczności **minimum czterech satelitów** ponad horyzontem w dowolnym momencie i w każdym miejscu na Ziemi, co jest niezbędne do pełnego (przestrzennego) wyznaczenia położenia anteny odbiornika GPS.

Każdy z satelitów emituje dwa sygnały – o czasie i odległości.

GLONASS

System, o nazwie **GLONASS** (ГЛОНАСС, Глобальная навигационная спутниковая система), uruchomiony został w Związku Radzieckim. Pełna konstelacja satelitów GLONASS miała się składać z 24 obiektów rozmieszczonych na 3 płaszczyznach orbitalnych.

Na każdej płaszczyźnie powinno znajdować się 8 równomiernie rozmieszczonych satelitów. Orbity są kołowe i znajdują się na wysokości około 19100 km. Okres obiegu wynosi 11h15m.

Po skompletowaniu, na początku 1996 roku, pełen zestaw satelitów był dostępny przez okres około 40 dni. Pod koniec roku 1996 na orbicie znajdowało się 21 aktywnych obiektów. Na początku 2002 roku składał się już tylko z 6 satelitów, co czyniło je praktycznie bezużytecznymi.

Na początku 2004 roku segment kosmiczny składał się już z 13 aparatów, w 2009 z 20. Rozpoczęto także prace nad satelitami trzeciej generacji (K) i systemem wspomaganie satelitarne (SDCM).

GLONASS

08.12.2011 administratorzy systemu po włączeniu 24. aparatu generacji M oficjalnie ogłosili **pełną operacyjność systemu na całym świecie**.

Rosja pracuje obecnie nad nową generacją satelitów oznaczoną literą K, których czas życia będzie wynosił 10-12 lat, a waga 750 kg, podczas gdy aparaty serii M ważą 1415 kg i są zaprojektowane na 7 lat.

Wg stanu na 01.01.2012 to łącznie 31 satelitów, z czego 24 miało status operacyjny, a 3 rezerwowy. W dalszej kolejności planowane jest wystrzelenie kilku satelitów serii GLONASS-M jako rezerwa systemu oraz satelitów trzeciej generacji GLONASS-K (od 26.02.2011 satelity generacji K stopniowo zastępują serię M).

GLONASS nie stosuje żadnych zakłóceń!

- **29.11.2022** – 26 satelitów, z czego **22 satelity mają status operacyjny**
- **28.03.2025** – 26 satelitów, z czego **24 satelity mają status operacyjny**

GALILEO

<http://www.esa.int/esaNA/galileo.html>

GALILEO

Pięć podstawowych kategorii sygnałów:

Open Service (Serwis Otwarty) - bezpłatny, powszechnie dostępny pomiar czasu i pozycji.

Safety of Life Service (Serwis Bezpieczeństwo Życia) - jw.; gwarancja jakości i pewności sygnału (dokładność lokalizacji jak w OS), odbiorniki z odpowiednim certyfikatem.

Commercial Service (Serwis Komercyjny) - płatny, zwiększona precyzja (dwa dodatkowe kodowane sygnały) i gwarancja jakości sygnału.

Public Regulated Service (Serwis Publiczny Regulowany) - przeznaczony dla administracji państwowej, sygnał kodowany oddzielony od innych dla zapewnienia jakości i pewności usługi.

Search and Rescue Service (Serwis Poszukiwanie i Ratownictwo) – do precyzyjnej lokalizacji i komunikacji pomiędzy wysyłającym sygnał ratunkowy a operatorem usługi.

GALILEO (PLAN BUDOWY)

Od 1999 roku trwają intensywne prace nad utworzeniem satelitarnego systemu nawigacyjnego Galileo, który jest wspólnym przedsięwzięciem Unii Europejskiej i Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA). Budowę Galileo podzielono na cztery fazy. Pierwsza, obejmująca definiowanie systemu, została zakończona (1999-2001).

Druga, zaplanowana na lata 2002-06, związana jest z opracowaniem ram instytucjonalnych systemu, ich zatwierdzeniem i umieszczeniem na orbicie testowych satelitów. Została ona oszacowana na **1,1 mld euro**, a kosztami podzielią się Komisja Europejska i ESA.

Faza kolejna obejmująca budowę i wystrzelenie satelitów oraz rozwój infrastruktury naziemnej przewidziana jest na lata 2006-07. Jej koszty (**2,1 mld euro**) zostaną pokryte głównie przez przyszłych koncesjodawców.

Pierwszego testowego satelitę (GIOVE-A) wystrzelono **28 grudnia 2005 r.**

Następny satelita (GIOVE-B), został wystrzelony **27 kwietnia 2008 r.**

Plan – ostatni etap rozpocznie się w 2008 r., kiedy system będzie w pełni operacyjny. Zakłada się, że **roczne** wydatki na jego utrzymanie wyniosą ok. **220 mln euro**.

GALILEO

Blok	Lata uruchomienia	Umieszczone na orbicie	Liczba aktywnych
DAJ	2005 - 2008	2	0
IOV	2011 - 2012	4	3
FOC	2014 - 2024	22	21
G2G	od 2024		
Razem (07.12.2021)		28	24

Stan na **28.03.2025**:

Liczba użytecznych satelitów: 24

Satelity pomocnicze: 5

Satelity nie będące w eksploatacji: 3

Całkowita liczba satelitów systemu Galileo: 32

Źródło: <https://www.gsc-europa.eu/system-service-status/orbital-and-technical-parameters>

BEIDOU-1 / BEIDOU-2 / BEIDOU-3 – CHINY

BeiDou/ Compass:

1. faza = BeiDou-1; pierwszy satelita (BeiDou-1A) wystartował 31.10.2000; 2000-2006 – 4 satelity (program zamknięty w 2012)
 2. faza = Beidou-2/ Compass; 2007-2019 – 20 satelitów (obecnie działa 15)
 3. faza = BaiDou-3; 2015-...; – 36 satelitów (obecnie działa 31)
- 23.06.2020 – sprawnych: 42 satelity
 - 28.03.2025 – sprawnych: 46 satelitów

REGIONALNE SYSTEMY NAWIGACJI SATELITARNEJ (RNSS)

Regionalne systemy nawigacji satelitarnej (RNSS - Regional Navigation Satellite Systems) – obejmują swoim zasięgiem tylko ograniczony obszar, z reguły fragment kontynentu.

Ich głównym zadaniem jest lokalne zwiększanie dostępności i dokładności systemów GNSS; zazwyczaj nie są systemami samodzielnymi.

Obecnie funkcjonują następujące systemy regionalne:

- **QZSS** (Japonia): 4 satelity (2019),
- **IRNSS** (Indie): jest – 4 (od 07.04.2015); plan – 7 lub 11 satelitów (planowany od 2016); typ orbity: geostacjonarna i geosynchroniczna

REGIONALNE SYSTEMY NAWIGACJI SATELITARNEJ (RNSS)

- **IRNSS** (Indie)
- **QZSS** (Japonia)

SATELITARNE SYSTEMY WSPOMAGAJĄCE

Satelitarne Systemy Wspomagające (SBAS – Satellite Based Augmentation System) – rozwiązanie transmitujące poprawki dla sygnałów GNSS za pomocą jednego lub kilku satelitów geostacjonarnych (z reguły są to wielofunkcyjne aparaty telekomunikacyjne).

Korekty obliczane są na podstawie danych z kilkunastu do kilkudziesięciu stacji pomiarowo-obszernych, transmitowane do satelity SBAS, a następnie retransmitowane na Ziemię.

Niektóre rozwiązania SBAS oferują także informacje o wiarygodności systemów nawigacji. Jest to szczególnie przydatne np. w lotnictwie, żegludze czy podczas operacji służb ratunkowych.

SATELITARNE SYSTEMY WSPOMAGAJĄCE (SBAS)

Istniejące lub planowane systemy SBAS to obecnie:

- EGNOS (UE, 3 satelity, od 2005/2009)
- WAAS (USA, 1(2) satelity, od 1999/2003)
- MSAS (Japonia, 2 satelity, od 2007)
- QZSS (Japonia, 1(3) satelity, od 2013)
- GAGAN (Indie, 3 satelity, od 2014)
- SDCM (Rosja, 3 satelity, od 2013)
- OmniSTAR (ogólnoświatowy, 7 satelitów, od ?)

SATELITARNE SYSTEMY WSPOMAGAJĄCE – EGNOS

EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service)

- Kraje rozwijający system: Unia Europejska
- Aktualna liczba satelitów: 3 (Inmarsat AOR-E, Inmarsat IOR-W, Artemis)
- Docelowa liczba satelitów: bd. (w budowie: Sirius 5, Astra 5B)
- Typ orbity: geostacjonarna
- Działanie: od 1996 r. (pierwszy satelita)
- Ogłoszenie operacyjności: 2009 r. (dla usługi otwartej), 2011 r. (dla usługi bezpieczeństwa życia)

SATELITARNE SYSTEMY WSPOMAGAJĄCE – EGNOS

Rozmieszczenie stacji pomiarowo-observacyjnych (RIMS), stacji kontrolnych (MCC) oraz stacji transmitujących (NLES)

Źródło: http://en.wikipedia.org/wiki/File:EGNOS_map.svg

SATELITARNE SYSTEMY WSPOMAGAJĄCE – OMNISTAR

System opracowała firma Thales Geosolutions (część grupy Thales); pierwotnie nazywał się LandStar. Nazwę zmieniono z końcem 2004 roku, gdy spółkę kupiło holenderskie przedsiębiorstwo Fugro NV.

OmniSTAR to pierwsze komercyjne rozwiązanie SBAS. Od 2010 roku jest to także pierwszy tego typu system oferujący poprawki dla GLONASS.

OmniSTAR ma rekordowy zasięg – poprawki dostępne są dla większości obszarów lądowych świata.

Segment naziemny systemu składa się z ponad 100 stacji referencyjnych (najbliżej Polski znajdują się w Wiedniu i Charkowie) i dwóch stacji kontrolnych.

NAZIEMNE SYSTEMY WSPOMAGANIA SATELITARNEGO (GBAS)

Naziemne systemy wspomaganie satelitarne (GBAS – Ground Based Augmentation Systems) – charakteryzuje je dużo mniejszy zasięg działania oraz większa dokładność pomiarów i elastyczność.

Systemy te oferują usługi w czasie rzeczywistym lub w trybie postprocessingu.

Te pierwsze bazują na obliczeniach DGNSS (Differential GNSS) lub bardziej dokładnych RTK (Real-Time Kinematic). Transmisja danych odbywa się przez radio (fale UHF lub VHF) lub internet (także przez sieci GSM).

ASG-EUPOS

ASG-EUPOS (Aktywna Sieć Geodezyjna EUPOS) – sieć składająca się z 127 polskich stacji permanentnych (127 stacji z modułem GPS, 125 stacji z dodatkowym modułem GLONASS, 87 z GALILEO, 48 z BeiDou2), zlokalizowanych w instytucjach naukowych oraz w Ośrodkach Dokumentacji Geodezyjno-Kartograficznych na obszarze Polski, ze średnią wzajemną odległością 70 km. W ramach systemu funkcjonują 22 stacje zagraniczne.

System służy do generowania i wysyłania do odbiorców poprawionego sygnału GNSS (czyli GPS i GLONASS), dzięki czemu można znacznie zwiększyć dokładność lokalizacji punktu na powierzchni ziemi za pomocą urządzeń GPS.

System umożliwia, **przy wykorzystaniu pomiaru GPS-RTK**, lokalizację z dokładnością **3 cm** (składowa **pozioma**) i **5 cm** (składowa **pionowa**). Natomiast w systemie **POZGEO** i **POZGEO-D** dokładność wyznaczenia pozycji w **postprocessingu** może być rzędu **1 mm**. Wcześniej podobny system, ASG-PL, istniał jedynie dla Województwa Śląskiego (od 2004) i umożliwiał porównywalne dokładności dla całego obszaru województwa.

System ASG-EUPOS jest w pełni funkcjonalny **od czerwca 2008**.

Źródło: <http://pl.wikipedia.org/wiki/ASG-EUPOS>

ASG-EUPOS

ASG-EUPOS

Operator: Główny Urząd Geodezji i Kartografii

Rok uruchomienia: 2008

Liczba stacji referencyjnych: **126** (w tym 23 zagraniczne)

Zasięg: cały kraj

Korekty nadawane dla sygnałów: GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou (3 stacje odbierają tylko GPS i GLONASS, 2 kolejne GPS + GLONASS + Galileo)

Współrzędne stacji przyjęte do PZGiK: tak, na podstawie rozporządzenia *ws. osnów...*

Usługi: • czasu rzeczywistego – NAWGEO (metoda RTK/RTN), KODGIS (DGPS, dokładność do 0,25 m), NAWGIS (DGPS, dokładność do 3 m); • postprocessingu – POZGEO i POZGEO D

Dostępność: dla użytkowników wszystkich kompatybilnych odbiorników poprzez Portal PZGiK

Abonamenty: roczny (RTN: 1500 zł, RTK: 700 zł, KODGIS/NAWGIS: 300 zł, POZGEO D: 1000 zł), półroczny (810-162 zł), miesięczny (180-36 zł), tygodniowy (54-10,80 zł)

Informacje dodatkowe: W planach GUGiK jest rozbudowa systemu o 19 nowych stacji referencyjnych oraz modernizacja pozostałych do obsługi również sygnałów Galileo oraz BeiDou.

Więcej: <http://www.asgeupos.pl/>

STACJE REFERENCYJNE – NADOWSKI (2022)

NadowskiNET

Operator: Instrumenty Geodezyjne Tadeusz Nadowski Sp. J.

Rok uruchomienia: 2013

Liczba stacji referencyjnych: 49

Zasięg: województwo opolskie, śląskie, małopolskie, podkarpackie, świętokrzyskie

Korekty nadawane dla sygnałów: GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou

Współrzędne stacji przyjęte do PZGiK: w większości przypadków (szczegóły)

Usługi: czasu rzeczywistego RTN i RTK, dostęp do satelitarnych obserwacji stacji referencyjnych

Dostępność: dla użytkowników wszystkich kompatybilnych odbiorników

Abonamenty: roczny – 1000 zł netto, 6 miesięczny – 600 zł netto, 3 miesięczny – 400 zł netto, 7-dniowy bezpłatny dostęp testowy, abonamenty obejmują wszystkie dostępne usługi

Informacje dodatkowe: stacje NadowskiNET zostały oddane do PZGiK jako punkty szczegółowej wielofunkcyjnej osnowy geodezyjnej

Więcej: nadowski.pl/nadowski-net/czym-nadowski-net/, tel. 32 227 11 56

STACJE REFERENCYJNE – RTK-NET (2022)

RtkNet

Operator: Art-Geo

Rok uruchomienia: 2018

Liczba stacji referencyjnych: 40

Zasięg: południowa część kraju

Korekty nadawane dla sygnałów: GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou

Współrzędne stacji przyjęte do PZGiK: obecnie dla niektórych stacji, docelowo dla wszystkich

Usługi: RTK, RTN

Dostępność: dla użytkowników wszystkich kompatybilnych odbiorników

Abonamenty: W okresie obowiązywania okresu testowego korzystanie z sieci RtkNet jest bezpłatne. W pierwszej kolejności dostęp do niej mają użytkownicy, którzy zakupili sprzęt w firmie Art-Geo

Informacje dodatkowe: W przyszłości planowana jest rozbudowa systemu na północy kraju oraz włączenie jego stacji do PZGiK

STACJE REFERENCYJNE – SMARTNET (2022)

SmartNet Poland

Operator: Leica Geosystems Sp. z o.o.

Rok uruchomienia: 2011

Liczba stacji referencyjnych: **178** (w tym 6 zagranicznych)

Zasięg: cały kraj

Korekty nadawane dla sygnałów: GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou

Współrzędne stacji przyjęte do PZGiK: w większości przypadków (szczegóły)

Usługi: RTK, RTN, DGNSS, postprocessing, dostęp do satelitarnych obserwacji stacji referencyjnych

Dostępność: dla użytkowników wszystkich kompatybilnych odbiorników

Abonamenty: roczny – 1800 zł netto, półroczny – 930 zł netto, kwartalny – 480 zł netto, miesięczny – 180 zł netto, godzinny – 99 zł netto, darmowy tygodniowy abonament testowy. Wszystkie abonamenty zawierają dostęp do korekt RTN, RTK, dostęp do serwisu postprocessingu oraz danych statycznych

Informacje dodatkowe: w cenie dostęp do aplikacji SmartNet Mobile (Android, iOS) służącej do administrowania kontem, podgląd dostępności stacji referencyjnych, sprawdzenie pozycji własnego urządzenia, kontrola logów z połączeń z systemem, sprawdzanie stanu jonosfery. Zakup subskrypcji realizowany przez sklep on-line

Więcej: www.smartnetleica.pl

STACJE REFERENCYJNE – TPI NETPRO (2022)

TPI NETpro

Operator: TPI Sp. z o.o.

Rok uruchomienia: 2012

Liczba stacji referencyjnych: **136** (w tym 19 zagranicznych)

Zasięg: cały kraj

Korekty nadawane dla sygnałów: GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou

Współrzędne stacji przyjęte do PZGiK: dla wszystkich krajowych stacji (szczegóły)

Usługi: RTK, RTN, DGNSS, postprocessing

Dostępność: dla użytkowników wszystkich kompatybilnych odbiorników, przy czym klienci TPI mogą liczyć na dłuższy czas dostępu do usług

Abonamenty: roczny (13/14 miesięczny – 1800 zł netto), ratalny (5 + 8/7 miesięcy – 2 x 900 zł netto), 4-miesięczny (800 zł netto), miesięczny (250 zł netto), tygodniowy (99 zł netto), godzinowy (115 + 10 godz. oraz 115 godz – 999 zł netto), minutowy (630 + 60 oraz 630 minut – 99 zł netto), darmowy 2-tygodniowy abonament testowy. Wszystkie abonamenty zawierają dostęp do korekt RTN, RTK i dostęp do danych statycznych

Informacje dodatkowe: W cenie dostęp do aplikacji TopNET Live Manager służącej do administrowania kontem, sprawdzania stanu jonosfery, dostępności stacji referencyjnych itp. Obecnie system jest w trakcie przygotowania do obsługi sygnałów Galileo.

Więcej: tpinet.pl

STACJE REFERENCYJNE – VRSNET.PL (2022)

VRSnet.pl

Operator: VRSNet Sp. z o.o.

Rok uruchomienia: 2011

Liczba stacji referencyjnych: **86** (w tym 6 zagranicznych)

Zasięg: cała Polska, w tym podsieci dla województw zachodniopomorskiego, mazowieckiego, świętokrzyskiego i śląskiego

Korekty nadawane dla sygnałów: w podsięciach zachodniopomorskiej, mazowieckiej, świętokrzyskiej i śląskiej – GPS/GLONASS/Galileo/BeiDou, pozostała część kraju – GPS/GLONASS (wybrane stacje również Galileo i BeiDou)

Współrzędne stacji przyjęte do PZGiK: w większości przypadków (**szczegóły**)

Usługi: RTK, RTN, Postprocessing, iScope

Dostępność: dla użytkowników wszystkich kompatybilnych odbiorników (niższe ceny dla klientów firmy Geotronics Dystrybucja)

Abonamenty: roczny (od 0, 500 lub 1000 zł netto), czasowe (300 zł netto za 100 godzin na 3 miesiące i 500 zł netto za 100 godzin na 6 miesięcy)

Informacje dodatkowe: monitorowanie stanu jonosfery i troposfery, usługa iScope Live, dla nowych użytkowników miesięczny okres testowy, monitorowanie współrzędnych stacji referencyjnych, planowanie sesji pomiarowych przed pomiarem GNSS Planning Online.

Więcej: vrsnet.pl

GPS – METODY POMIARÓW

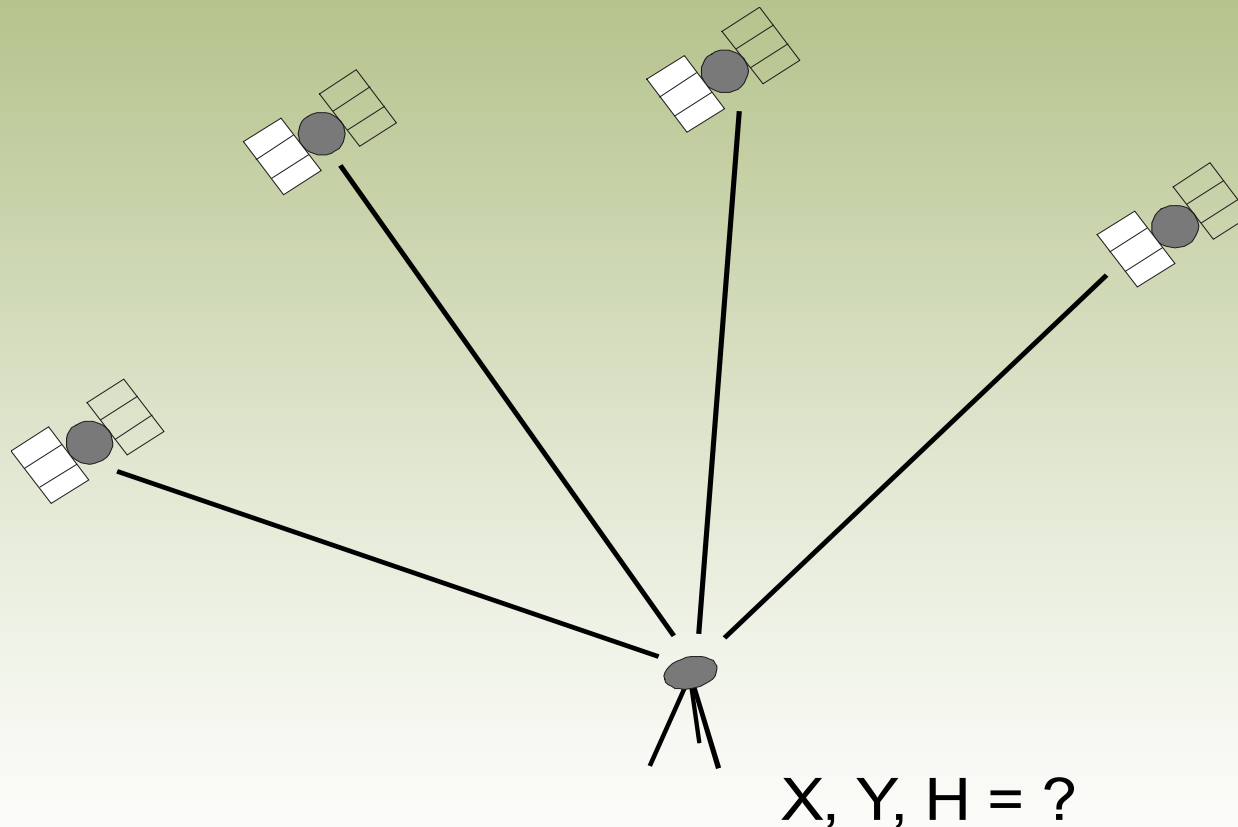
Wyznaczenie pozycji anteny odbiornika może odbywać się w dwojaki sposób:

- na zasadzie **pomiarów absolutnych**
- w **sposób różnicowy**

Absolutne wyznaczenie współrzędnych przestrzennych odbywa się na zasadzie rejestracji jednym odbiornikiem sygnałów pochodzących z minimum czterech satelitów.

Ze względu na duży wpływ środowiska na właściwości propagacji fal radiowych (jonosfera, troposfera, sygnały odbite), niedokładności parametrów orbit satelitów wyznaczone tą metodą współrzędne osiągają **dokładność od kilku do kilkunastu metrów**.

METODA POMIARÓW ABSOLUTNYCH



Bezwzględne wyznaczenie przestrzennej pozycji anteny odbiornika GPS

METODA POMIARÓW RÓŻNICOWYCH

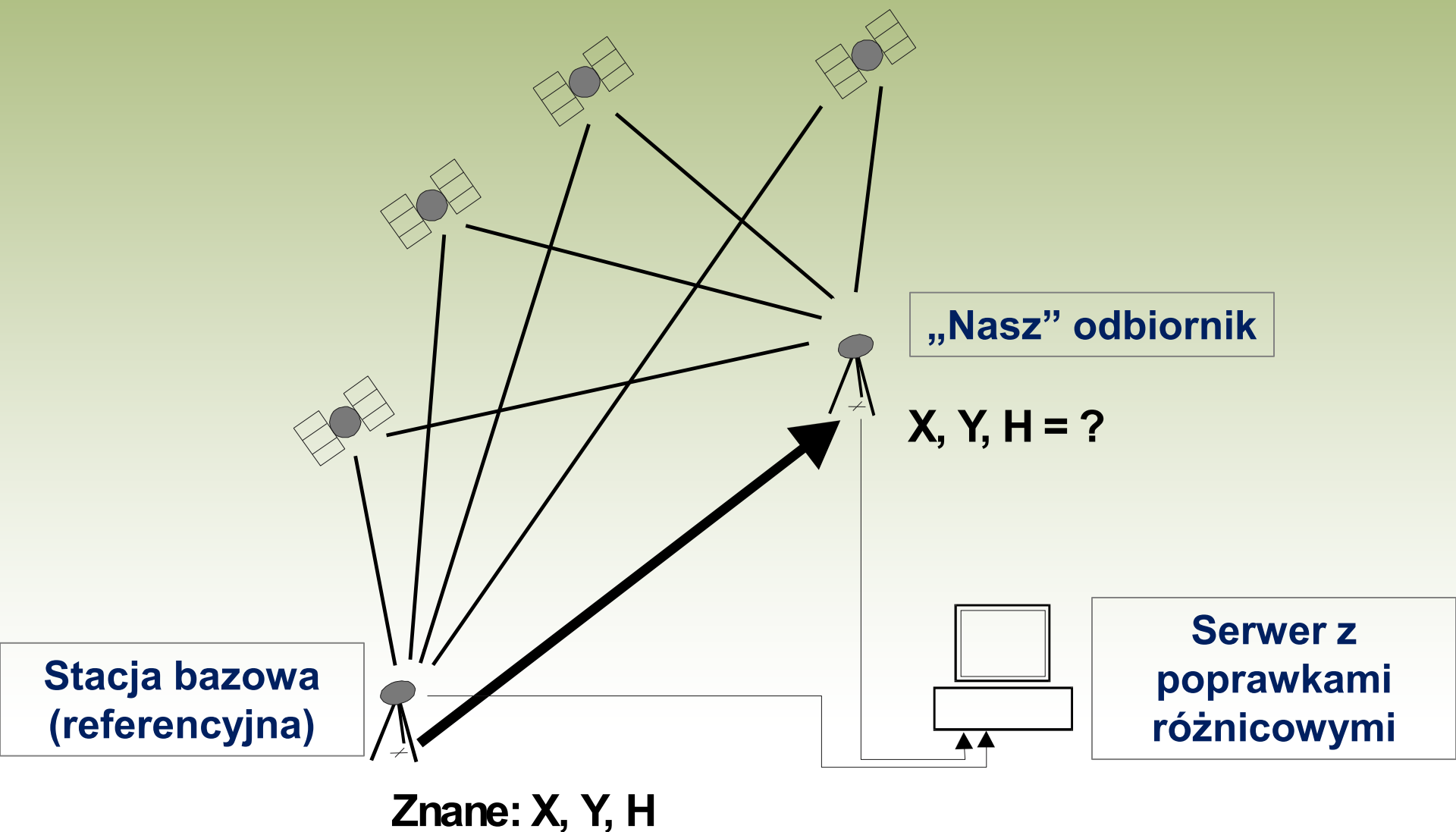
Metoda różnicowa wymaga synchronicznych obserwacji przy zastosowaniu co najmniej dwóch odbiorników GPS, gdzie:

1. jeden z nich traktowany jest jako **stacja bazowa (referencyjna)**
2. drugi – jako **stacja ruchoma („nasz” odbiornik)**.

Wymagane jest, aby dla stacji bazowej znane były współrzędne przestrzenne wyznaczone w tym samym układzie odniesienia, w którym funkcjonuje system GPS. W tym przypadku wyznaczane są różnice współrzędnych pomiędzy stacją bazową a odbiornikiem ruchomym. Ze względu na niewielkie odległości (do 50-100 km) pomiędzy odbiornikami w stosunku do odległości satelitów od powierzchni Ziemi przyjmuje się, że sygnały docierające do obydwu anten przechodzą przez jednorodne środowisko. Założenie to pozwala usunąć w procesie obliczeniowym prawie cały wpływ wspomnianych źródeł błędów na wyznaczane pozycje anteny odbiornika ruchomego.

Wyznaczane tą drogą współrzędne względne osiągają **dokładności rzędu od 1 m do kilku centymetrów** (w zależności od typu odbiorników i stosowanych metod pomiarowych).

METODA POMIARÓW RÓŻNICOWYCH



GPS – RODZAJE POMIARÓW

- Pomiar **statyczne** (Static relative positioning)
- Pomiar **kinematyczne** (Kinematic relative positioning)
- Pomiar **pół-kinematyczne** (Semi-kinematic relative positioning), pomiar **"STOP & GO"**
- Pomiar **pseudo-statyczne/pseudo-kinematyczne** (Pseudo-static = pseudo-kinematic relative positioning, intermittent static positioning, reoccupation)
- Pomiar **szybkie statyczne** (Fast/rapid static relative positioning)
- Pomiar **dyferencjalne** (DGPS – Differential GPS)

GPS – NA CO ZWRACAĆ UWAGĘ PRZY POMIARACH?

1. Przed przystąpieniem do prac terenowych z wykorzystaniem odbiorników GPS należy zaplanować sesje pomiarowe. Na dokładność wyznaczanych współrzędnych bardzo istotny wpływ (poza czynnikami środowiskowymi, np.: warstwy atmosfery, przesłonięcie horyzontu, fale odbite) mają: **liczba i konstelacja satelitów**. Ponieważ satelity GPS poruszają się po swych orbitach, ich rozmieszczenie na nieboskłonie ulega ciągłej zmianie.
2. Liczba i rozmieszczenie satelitów na nieboskłonie (wsp. **PDOP**)
3. Moc odbieranego sygnału GPS (wsp. **SNR**)
4. Wysokość i zwarcie drzewostanu, a szczególnie występowanie w bezpośrednim sąsiedztwie dużych pni drzew

GPS – PLANOWANIE POMIARÓW

GPS – PLANOWANIE POMIARÓW

ODBIORNIKI GPS

Jest rok 1995 **Oldsmobile Eighty Eight** jest pierwszym autem na rynku w Stanach Zjednoczonych z urządzeniem do nawigacji.

ODBIORNIKI GPS

Jest rok **1989**, **Magellan Corporation** twierdzi, że jest pierwszą firmą na rynku w Stanach Zjednoczonych z urządzeniem do ręcznej nawigacji.

Magellan NAV 1000

ODBIORNIKI GPS – TELEFONY

Pierwszy telefon z wbudowanym modułem lokalizacji satelitarnej GPS wypuściła na rynek firma **Benefon** z Finlandii (obecnie **Twig Com Ltd.**) w roku **1999**:

Benefon Esc!

ODBIORNIKI GPS – TELEFONY

*Nokia wprowadza telefony **N95**. **Marzec 2007** roku – to ważna premiera Nokii bowiem to pierwszy telefon z wbudowanym modułem lokalizacji satelitarnej GPS*

ODBIORNIKI GPS (2012)

Źródło: <http://www.telemetrysolutions.com/>

Źródło: <http://www.gps4us.com/>

ODBIORNIKI GPS (2012)

ODBIORNIKI GPS (2012)

Źródło:

<http://www.environmental-studies.de/>

ODBIORNIKI GPS

ODBIORNIKI GPS (2012)

ODBIORNIKI GPS (2012)



ODBIORNIKI GPS (2012)

ODBIORNIKI GPS (2022)

ODBIORNIKI GPS ! (2022)

Źródło:

<http://glimpsesoflawrence.blogspot.com/2009/05/radio-tagging-monarch-butterflies.html>

Źródło:

https://www.youtube.com/watch?v=n_8W8z8olwY

ODBIORNIKI GPS ! (2022)

ODWZOROWANIA KARTOGRAFICZNE MAP TOPOGRAFICZNYCH

materiały przygotowane w oparciu o rozdział
„**Odwzorowania kartograficzne współczesnych map
topograficznych**”

autorstwa W. Karaszkiewicza
z publikacji

„**SYSTEM INFORMACJI PRZESTRZENNEJ W LASACH
PAŃSTWOWYCH. PODRĘCZNIK UŻYTKOWNIKA LEŚNEJ
MAPY NUMERYCZNEJ**” – pod redakcją K. Okły (Warszawa,
2000)

ODWZOROWANIA KARTOGRAFICZNE MAP TOPOGRAFICZNYCH

Zasadniczą cechą każdej mapy jest jej **kartometryczność**.

Cecha ta oznacza, że obraz mapy może być wykorzystywany do przeprowadzania pomiarów w celu określenia cech ilościowych prezentowanych zjawisk i obiektów (liczebność, rozmiar, odległość, powierzchnia).

Odróżnia to mapę od planów, które na ogół nie posiadają tej właściwości.

Kartometryczność mapy uzyskuje się poprzez zastosowanie ścisłych formuł matematycznych odzwierciedlających nieregularną bryłę Ziemi na płaszczyźnie mapy.

Zestaw formuł matematycznych opisujących wymienione zadanie nosi nazwę **odwzorowania kartograficznego**.

ODWZOROWANIA KARTOGRAFICZNE MAP TOPO A KSZTAŁT GLOBU ZIEMSKIEGO

„Zwykła” fotografia lotnicza powierzchni terenu, która ze względu na przesunięcia radialne wywołane deniwelacjami terenu (właściwość rzutu środkowego) nie jest materiałem kartometrycznym i bez specjalnej obróbki geometrycznej obrazu **nie może pełnić roli mapy.**

W celu ujednoczenia wyników pomiarów geodezyjnych, a co za tym idzie – umożliwienia tworzenia definicji odwzorowań kartograficznych – wprowadza się pojęcie dwóch powierzchni odniesienia: ... *jaki kształt ma glob ziemski?*

ELIPSOIDA

GEOIDA – MISJA GOCE

Satelita GOCE

Orbita: ok. 260 km

Czas misji: listopad – grudzień 2009

Pierwszy globalny model grawitacji (30-06-2010)

Przyspieszenie: $9,788 \text{ m/s}^2$ – $9,838 \text{ m/s}^2$

ODWZOROWANIA KARTOGRAFICZNE MAP TOPO A KSZTAŁT GLOBU ZIEMSKIEGO

W celu ujednoczenia wyników pomiarów geodezyjnych, a co za tym idzie – umożliwienia tworzenia definicji odwzorowań kartograficznych – wprowadza się pojęcie dwóch powierzchni odniesienia: **geoida** i **elipsoida**.

GEOIDA

Geoida to w przybliżeniu powierzchnia, którą utworzyłyby wody mórz otwartych rozciągnięte nad lądami wirującej Ziemi, z uwzględnieniem sił grawitacyjnych otaczających je, niejednorodnych pod względem gęstości mas.

Przemieszczając się po powierzchni geoidy, ~~przyśpieszenie ziemskie~~ **potencjał siły ciężkości** miałby stałą wartość, niezależnie od szerokości geograficznej.

Gdyby rzutować wszystkie szczegóły sytuacyjne po liniach pionu na taką właśnie powierzchnię, powstały obraz byłby wiernym odwzorowaniem fizycznej powierzchni Ziemi.

ELIPSOIDA

Ze względu na różnorodność mas otaczających geoidę oraz ich wpływ na jej przebieg w danym obszarze, określenie matematyczne tej powierzchni (wyznaczenie jej równania matematycznego) jest rzeczą niemożliwą, a jest to wymaganym warunkiem w przypadku odwzorowań kartograficznych.

W zamian jako zastępczą powierzchnię odniesienia wprowadza się pojęcie **elipsoidy obrotowej** (powierzchni powstałej w wyniku obrócenia elipsy wokół jednej z osi).

Powierzchnia ta nie spełnia warunku stałego przyśpieszenia ziemskiego. Jest jednak stosunkowo prosta do określenia analitycznego oraz w wystarczająco dużym stopniu przybliża kształt i wymiary globu ziemskiego.

ELIPSOIDA

ELIPSOIDA

W celu zminimalizowania zniekształceń obrazu rzeczywistego wymiary i kształt elipsoidy są tak dobierane, aby na danym obszarze powierzchnia elipsoidy najlepiej przylegała do powierzchni geoidy. Istnieje wiele elipsoid, których parametry zostały wyznaczone z uwzględnieniem położenia obszaru dopasowania oraz ich przeznaczenia.

Na uwagę zasługuje **elipsoida WGS '84**, która jest elipsoidą geocentryczną (jej środek geometryczny pokrywa się ze środkiem masy Ziemi), stanowiącą uniwersalny model dla całej bryły Ziemi. Elipsoida ta wykorzystywana jest między innymi jako podstawowa powierzchnia odniesienia współrzędnych GPS.

ELIPSOIDA

Parametry wybranych elipsoid stosowanych w kartografii polskiej

Nazwa	Rok określenia	Półoś a [m]	Półoś b [m]	Splaszczenie f
Bessela	1841	6 377 397	6 356 079	1 : 299,2
Hayforda	1910	6 378 388	6 356 912	1 : 297,0
Krasowskiego	1940	6 378 245	6 356 863	1 : 298,3
WGS '84	1984	6 378 137	6 356 749	1 : 298,257

$$f = \frac{a - b}{a}$$

GEOIDA A ELIPSOIDA

GEOIDA A ELIPSOIDA

UKŁADY WSPÓŁRZĘDNYCH

Układ współrzędnych – funkcja przypisująca każdemu punktowi danej przestrzeni (w szczególności przestrzeni dwuwymiarowej – płaszczyzny, powierzchni kuli itp.) skończony ciąg (krotkę) liczb rzeczywistych zwanych współrzędnymi punktu.

Z definicji funkcji takie przyporządkowanie pozwala jednoznacznie określić punkt na podstawie znajomości jego współrzędnych, jednak bywa, że danemu punktowi odpowiadać może kilka współrzędnych.

Źródło: http://pl.wikipedia.org/wiki/Układ_współrzędnych

RODZAJE UKŁADÓW WSPÓŁRZĘDNYCH

1. Układ współrzędnych **kartezjańskich** (prostokątnych)
2. Układ współrzędnych **biegunowych** (polarnych)
3. Układ współrzędnych **walcowych** (cylindrycznych)
4. Układ współrzędnych **sferycznych**
 - 4.1. Układ współrzędnych **astronomicznych**
 - 4.1.1. Układ współrzędnych **horyzontalnych**
 - 4.1.2. Układ współrzędnych **równikowych**
 - 4.1.2.1. Układ współrzędnych **równikowych godzinnych**
 - 4.1.2.2. Układ współrzędnych **równikowych równonocnych**
 - 4.1.3. Układ współrzędnych **galaktycznych**
 - 4.1.4. Układ współrzędnych **supergalaktycznych**
 - 4.2. Układ współrzędnych **geograficznych**
 - 4.3. Układ współrzędnych **geodezyjnych**
 - 4.3.1. Układ współrzędnych **Borowa Góra**
 - 4.3.2. Układ współrzędnych **1942**
 - 4.3.3. Układ współrzędnych **1965**
 - 4.3.4. Układ współrzędnych **GUGiK 80**
 - 4.3.5. Układ współrzędnych **1992**
 - 4.3.6. Układ współrzędnych **2000**

GEODEZYJNE WSPÓŁRZĘDNE ELIPSOIDALNE A WSPÓŁRZĘDNE PŁASKIE

Współrzędne geodezyjne na elipsoidzie obrotowej (B, L) to miary kątowe:

- **L (długość geodezyjna)** – kąt zawarty pomiędzy płaszczyzną zawierającą południk zerowy L_0 a płaszczyzną zawierającą południk wyznaczanego punktu P – LP,
- **B (szerokość geodezyjna)** – kąt zawarty pomiędzy płaszczyzną równika elipsoidy a normalną (prostopadłą) do powierzchni elipsoidy w punkcie P.

GEODEZYJNE WSPÓŁRZĘDNE ELIPSOIDALNE A WSPÓŁRZĘDNE PŁASKIE

Linie stałych wartości B i L na elipsoidzie tworzą **siatkę geograficzną**.
Jej obraz na płaszczyźnie mapy to **siatka kartograficzna**, której linie z reguły są krzywymi.

Dla ułatwienia posługiwania się mapami każdy arkusz mapy oprócz siatki kartograficznej posiada linie stałych współrzędnych X i Y.

Siatka utworzona przez te linie to **siatka topograficzna (kilometrowa)**.

UKŁAD WSPÓŁRZĘDNYCH „BOROWA GÓRA”

Układ „Borowa Góra” został opracowany przez Wojskowy Instytut Geograficzny (WIG) w 1936 roku i obowiązywał do lat 50. - czyli do wprowadzenia układu „1942”.

Podstawę do obliczeń geodezyjnych i prac kartograficznych stanowiła elipsoida Bessela z punktem odniesienia Borowa Góra.

Do sporządzania map topograficznych dla obszaru Polski w układzie "Borowa Góra" zastosowane zostało odwzorowanie M.H. Roussilhe'a. Jest to siatka azymutalna równokątna, uwzględniająca elipsoidalny kształt Ziemi.

UKŁAD WSPÓŁRZĘDNYCH „BOROWA GÓRA”

Skorowidz arkuszy mapy 1:100 000 w układzie Borowej Góry

Źródło: <http://www.gisplay.pl/geodezja/uklady-wspolrzednych.html>

UKŁAD WSPÓŁRZĘDNYCH „1942” – POWIERZCHNIA ODNIESIENIA

W 1952 roku układ współrzędnych geodezyjnych „1942” został wprowadzony we wszystkich krajach socjalistycznych (w tym i w Polsce) jako podstawa do wszystkich prac geodezyjnych i kartograficznych.

Za matematyczną powierzchnię odniesienia przyjęto **elipsoidę obrotową Krasowskiego** z punktem przyłożenia do geoidy w obserwatorium astronomicznym w Pułkowie (dzielnica Leningradu), z azymutem orientacji Pułkowo-Bugry.

UKŁAD WSPÓŁRZĘDNYCH „1942” – ODWZOROWANIE KARTOGRAFICZNE

Pasy południkowe 3-stopniowe w odwzorowaniu Gaussa-Krügera dla
obszaru Polski

UKŁAD WSPÓŁRZĘDNYCH „1942” – PODZIAŁ MAP TOPOGRAFICZNYCH NA ARKUSZE

Podział map na arkusze w odwzorowaniu Gaussa-Krügera oparty jest na podziale Międzynarodowej Mapy Świata 1 : 1 000 000. Sześciostopniowe strefy odwzorowawcze pokrywają się ze słupami podziału tej mapy.

Na terytorium Polski przypadają dwa słupy: 33, 34 oraz dwa pasy M i N.

Część wspólna pasa i słupa daje w odwzorowaniu Gaussa-Krügera arkusz mapy 1 : 1 000 000 i stanowi bazę do podziału na arkusze map w skalach 1 : 500 000, 1 : 200 000 oraz 1 : 100 000.

Podział na arkusze map w skalach 1 : 50 000, 1 : 25 000 i 1 : 10 000 oraz 1 : 5 000 opiera się na arkuszu mapy 1 : 100 000.

UKŁAD WSPÓŁRZĘDNYCH „1942” – PODZIAŁ MAP TOPOGRAFICZNYCH NA ARKUSZE

UKŁAD WSPÓŁRZĘDNYCH „1965”

W latach 70. wydano rozporządzenie w sprawie opracowania edycji map topograficznych dla celów cywilnych (mapy układu „1942” były tajne) i udostępnienia ich użytkownikom gospodarki narodowej. Osnowa matematyczna tych map opiera się na opracowanym układzie **współrzędnych geodezyjnych „1965”**.

Za powierzchnię odniesienia obliczeń geodezyjnych przyjęto elipsoidę Krasowskiego.

UKŁAD WSPÓŁRZĘDNYCH „1965”

W celu zminimalizowania zniekształceń odwzorowawczych terytorium Polski zostało podzielone na pięć niezależnych stref. W czterech strefach zastosowano konforemne odwzorowanie płaszczyznowe, skośne, obejmujące obszary Polski:

I strefa – część południowo-wschodnia,

II strefa – część północno-wschodnia,

III strefa – część północno-zachodnia,

IV strefa – część południowo-zachodnia.

V strefa – obejmuje dawne województwa częstochowskie i katowickie.

W V strefie przyjęto odwzorowanie Gaussa-Krügera w pasach 3-stopniowych.

W literaturze brak dokładnych formuł matematycznych zastosowanych w tym systemie odwzorowań.

Układ współrzędnych „1965”

Podział terytorium Polski na strefy odwzorowawcze w układzie „1965”

źródło: <http://www.geoforum.pl/>

za: Instrukcja O-1/O-2 z 2001 r.

UKŁAD WSPÓŁRZĘDNYCH „GUGIK 80”

Najważniejsze cechy:

- elipsoida: Krasowskiego
- punkt przyłożenia: Pułkowo
- azymut orientacji: Pułkowo-Bugry
- odwzorowanie quasi-stereograficzne (Roussilhe'a)

UKŁAD WSPÓŁRZĘDNYCH „PUWG 1992”

Od 1992 roku prowadzone są prace nad wprowadzeniem do użytku cywilnego nowego układu odniesień przestrzennych, który zastąpiłby układ „1965”. Instytucje gromadzące i przetwarzające dane przestrzenne są zobligowane do stosowania nowego układu odniesień przestrzennych.

Nowy układ posiada dwa warianty:

- dla map wielkoskalowych (skale 1 : 500 – 1 : 5 000) – cztery strefy odwzorowawcze,
- dla map średnio- i drobnoskalowych (skale 1 : 10 000 i drobniejsze) – jedna strefa odwzorowawcza.

Powierzchnią odniesienia jest geocentryczna, globalna **elipsoida GRS '80**, przyjęta przez podkomisję EUREF (IAG) w 1992 roku na sympozjum w Bernie do stosowania w pracach geodezyjnych i kartograficznych.

Parametry elipsoidy zostały wyznaczone za pomocą technik satelitarnych (pomiar dopplerowski i GPS).

Podstawowym arkuszem mapy w układzie „1992/19” jest arkusz Międzynarodowej Mapy Świata 1 : 1 000 000.

Granicami arkuszy są obrazy południków i równoleżników. Zasady podziału i oznaczeń arkuszy map są analogiczne do układu „1942”.

UKŁAD WYSOKOŚCI KRONSZTAD „1986”

1. Układ wysokości tworzą wartości geopotencjalne podzielone przez przeciętne wartości przyspieszenia normalnego siły ciężkości, zwane dalej "wysokościami normalnymi", odniesione do średniego poziomu Morza Bałtyckiego w Zatoce Fińskiej, wyznaczonego dla mareografu w Kronsztadzie koło Sankt Petersburga (Federacja Rosyjska).
2. Wysokości normalne określa się z pomiarów geodezyjnych nawiązanych do punktów podstawowej osnowy geodezyjnej kraju.

ROZPORZĄDZENIE RADY MINISTRÓW Z DNIA 8 SIERPNI 2000 R. W SPRAWIE PAŃSTWOWEGO SYSTEMU ODNIESIĘĆ PRZESTRZENNYCH

§ 3. Państwowy system odniesień przestrzennych tworzą:

- 1) geodezyjny układ odniesienia, określony w załączniku nr 1 do rozporządzenia,
- 2) układ wysokości, w którym wyznacza się wysokości punktów względem przyjętego poziomu powierzchni odniesienia, stosowany w pracach geodezyjnych i kartograficznych,
- 3) układ współrzędnych płaskich prostokątnych, oznaczony symbolem "2000", stosowany w pracach geodezyjnych i kartograficznych, związanych z wykonywaniem mapy zasadniczej,
- 4) układ współrzędnych płaskich prostokątnych, oznaczony symbolem "1992", stosowany w mapach urzędowych o skali mapy 1:10.000 i skalach mniejszych.

§ 4. Układ współrzędnych płaskich prostokątnych, oznaczony symbolem "1965", oraz lokalne układy współrzędnych mogą być stosowane do dnia 31 grudnia 2009 r.

UKŁAD WSPÓŁRZĘDNYCH PŁASKICH PROSTOKĄTNYCH "2000"

1. Układ współrzędnych płaskich prostokątnych "2000" jest utworzony na podstawie matematycznie jednoznacznego przyporządkowania punktów powierzchni Ziemi odpowiednim punktom na płaszczyźnie według teorii odwzorowania kartograficznego Gaussa-Krügera.
2. Obszar kraju dzieli się na cztery pasy południkowe o szerokości 3° długości geograficznej każdy i o południkach osiowych: 15° , 18° , 21° i 24° długości geograficznej wschodniej, ponumerowane odpowiednio numerami: 5, 6, 7 i 8.

UKŁAD WSPÓŁRZĘDNYCH PŁASKICH PROSTOKĄTNYCH "2000"

Podział terytorium Polski na 3-
stopniowe pasy odwzorowania
Gausa-Krügera w układzie
„2000”

źródło: <http://www.geoforum.pl/>

za: Instrukcja O-1/O-2 z 2001 r.

UKŁAD WSPÓŁRZĘDNYCH A STANDARD LMN

Ustala się, że układami odniesień przestrzennych w standardzie LMN będą:

- układ współrzędnych płaskich prostokątnych „1992”,
- układ wysokości „Kronsztad 1986”,

o których mowa w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 8 sierpnia 2000 roku w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych (Dz.U. nr 70 z dn. 24.08.2000 r., poz. 821).

UKŁAD WSPÓŁRZĘDNYCH A STANDARD LMN

Ustala się, że układami odniesień przestrzennych w standardzie LMN będą:

- układ współrzędnych płaskich prostokątnych „1992”
- układ wysokości „Kronsztad 1986”

o których mowa w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 8 sierpnia 2000 roku w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych (Dz.U. nr 70 z dn. 24.08.2000 r., poz. 821).

Zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 15.10.2012 r. w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych (Dz. U. z 2012 r., poz 1247)
od **1 stycznia 2020 r.** **układ PL-EVRF2007-NH**
będzie obowiązującym systemem wysokości w Polsce