

Żeby GIS „zbłądził pod strzechy”

Koncepcja GIS-u rodziła się w czasach odległych o zaledwie 50 lat. Powstawał on na kilku prestiżowych uniwersytetach Ameryki Północnej, zatrudniających wizjonerów i miłośników idei zastosowania komputerów do rozwiązywania problemów przestrzennych i ich wizualizacji na mapie. Absolwent uniwersytetu McGill w Montrealu, Roger Tomlinson, pracujący dla Kanadyjskiego Biura Inwentaryzacji Gruntów (Canadian Land Inventory) jako pierwszy zaproponował w 1962 roku zastosowanie komputerów do tworzenia i analizowania map numerycznych dla planowania przestrzennego. Wiele publikacji wskazuje na Harvard i tamtejszy zespół Laboratory for Computer Graphics and Analysis jako na autora prototypowego rozwiązania systemu, który stopniowo wyewoluował do tego, co współcześnie rozumiemy pod pojęciem GIS. Właśnie na Uniwersytecie Harvarda opracowano wiele podstawowych modeli i procedur wykorzystywanych do dziś w systemach geoinformacyjnych. Mimo że pierwsze, prototypowe zastosowania GIS-u były ze współczesnego punktu widzenia bardzo prymitywne, przez wiele lat GIS pozostawał elitarny. Wynikało to z małej dostępności komputerów, z niedostatecznej liczby wyszkolonych specjalistów, którzy potrafiliby efektywnie wykorzystać ideę GIS-u, z braku przekonania do przydatności GIS-u, a w wielu przypadkach wręcz z oporu decydentów wobec niesprawdzonych nowinek. Dodatkowy, bardzo poważny problem stanowił powszechny brak danych numerycznych, które nadawałyby się do zastosowania w GIS-ie. Konieczność pozyskiwania danych powodowała poważny wzrost kosztów projektu i wydłużenie czasu jego realizacji.

Od czego się zaczęło

W sensie historycznym rozwój geografii nie przebiegał liniowo. Wiemy, że już w starożytności niektórzy uczeni zdawali sobie

sprawę z tego, iż żyjemy na wielkiej kuli. Tworzyli nawet mapy znanego im świata, na których nanosili siatkę kartograficzną. Mieszkający w Egipcie Grek, Eratostenes, już ok. 250 roku p.n.e. obliczył z zadziwiającą dokładnością długość promienia Ziemi, używając do tego pomiarów różnicy kątów padania promieni słonecznych na dwóch różnych szerokościach geograficznych. Inny starożytny Grek, Hipparch (ur. ok. 150 p.n.e.), zauważył, że pozycje gwiazd na niebie względem horyzontu uzależnione są także od miejsca znajdowania się obserwatora na Ziemi. Bazując na obserwacjach astronomicznych, Hipparch wprowadził pojęcia równoleżników i południków, a w efekcie stworzył system współrzędnych geograficznych i siatkę kartograficzną. Pozycje punktów na Ziemi określał on przy pomocy używanego do dziś systemu babilońskiego, gdzie okrąg dzieli się na 360 stopni, z których każdy składa się z 60 minut, a każda z minut ma 60 sekund. W późniejszych wiekach poziom nauki obniżył się drastycznie i wiele z dorobku naukowego starożytności nie było dostępne dla średniowiecznych uczonych. Pierwsze mapy służyły do tego, aby wskazać drogę do określonego miejsca, i nawiązywały do informacji topograficznej. Były to w pewnym sensie mapy drogowe. Do podobnych celów, nieco później, stosowano mapy morskie, które bazowały na precyzyjnie mierzonych kierunkach. Stało się to możliwe na skutek rozpowszechnienia się w Europie kompasu (XIII wiek). Od tej pory wszystkie mapy europejskie „orientowane” były na północ. Dla ułatwienia nawigowania i określenia stałego kursu względem północy na mapach morskich wprowadzono równoległe linie południków. W rezultacie, płynąc po stałym kursie do określonego portu, statek przecinał każdy z południków pod tym samym kątem. Współcześnie wiemy, że linia ta, zwana loksodromą, nie wyznaczała jednak najkrótszej trasy. W 1569 roku, w efekcie pomierzenia przez żeglarzy i podróżników współrzędnych geograficznych setek miast i charakterystycznych punktów wybrzeża, flamandzki kartograf Gerardus Mercator mógł opublikować mapę znanego wówczas Europejczykom świata w matematycznym odwzorowaniu kartograficznym.

Pierwsze przestrzenne analizy pra-GIS-owe (bez komputera)

Już przed wiekami czyniono wysiłki, które dziś moglibyśmy nazwać pierwszymi zastosowaniami analizy przestrzennej, „GIS-em bez komputera”. Takich praktycznych działań było z pewnością bardzo wiele, choć większość z nich niestety zniknęła w mrokach historii. Do dziś przetrwała pamięć tylko o niektórych. Ale nawet z perspektywy wieków powinniśmy z wielkim szacunkiem patrzeć na naszych GISowych przodków. Oto kilka przykładów „GIS-u bez komputera”. Pierwszy z nich jest związany z podbojem Anglii przez Normanów w 1066 roku, pod dowództwem Wilhelma Zdobywcy. Jak to w tych czasach bywało, sporą część ziemi na podbitym terytorium Wilhelm rozdał swoim rycerzom w formie nagrody za ich udział w zwycięstwie. Jednakże koszty wojny bardzo zubożyły jego skarbiec, więc wprowadził on podatki od własności ziemskich na terenie wyspy. Spowodowało to oczywiste niezadowolenie wśród rycerstwa, tyle że główną przyczyną owego niezadowolenia było to, że wielu uważało, że równo nie znaczy sprawiedliwie. Rozumiejąc zastrzeżenia mniej zasobnych rycerzy, Wilhelm nakazał w 1085 roku wykonanie precyzyjnych pomiarów własności ziemskich na podległym mu terenie obejmującym prawie całą Anglię i Walię. Celem tego trwającego zaledwie rok zadania mierniczego było uzyskanie informacji na temat powierzchni oraz wartości każdej z działek. Ustalono, że podatki będą proporcjonalne do wartości własności ziemskiej. Wysokości należnych podatków wpisano w 1086 roku do Domesday Book, która stanowi pierwowzór księgi wieczystej. Pod koniec XX wieku w większości państw wprowadzono numeryczne księgi wieczyste. W wielu krajach do tytułu własności dołączona jest precyzyjna numeryczna mapa działki. Kolejny przykład dotyczy wyspy Rodos, z której szlaków morskich (głównie dla kupców z Wenecji i Genui) strzegli rycerze Zakonu Szpitalników Św. Jana (joannitów). W 1480 roku odparli oni pierwszy poważny atak imperium osmańskiego na wyspę. W 1522 roku spodziewali się kolejnego,

silniejszego niż dotychczasowe, ataku wojsk sułtańskich. Wywiadowcy donosili, że wyspa zostanie zaatakowana przez 100-tysięczną armię. W ramach przygotowania do obrony mistrz zakonu nakazał przygotować dokładny trójwymiarowy model wyspy wraz ze wszystkimi fortyfikacjami. Model ten pomagał w podejmowaniu decyzji o wzmocnieniu murów, a także w dowodzeniu obroną w trakcie trwającego ponad 6 miesięcy oblężenia. Jest to chyba pierwsze zastosowanie modelu 3D do podejmowania jakże istotnych decyzji.



Fot. 1. Zamek Joannitów na Rodos. Trójwymiarowy model wyspy i twierdzy pomógł broniącym go przetrwać trwające ponad pół roku

oblężenie przeważających sił tureckich, a w efekcie opuścić wyspę na honorowych warunkach (z bronią w ręku i w szyku paradnym).

Jednym z pierwszych zastosowań analizy przestrzennej, często uznawanym za prekursora GIS, było studium epidemiologiczne wykonane przez londyńskiego lekarza podczas epidemii cholery w

1854 roku. Na mapie Londynu doktor John Snow zaznaczał miejsca zamieszkania kolejnych zmarłych w wyniku cholery i łączył je liniami ze studnią, z której rodzina zmarłego pobierała wodę. Podejrzenia doktora Snowa o to, że woda w niektórych studniach zawiera zarazki choroby, szybko się potwierdziły. Okazało się, że śmiertelność wśród ludzi korzystających z niektórych studni jest znacznie wyższa niż wśród tych, którzy pobierali wodę z pozostałych studni. Przedstawienie graficzne wyników tej analizy na mapie pomogło doktorowi przekonać decydentów o konieczności zamknięcia wybranych studni.

Podstawy geodezyjno-kartograficzne GIS-u

Zanim powstały pierwsze programy mogące analizować warstwy informacyjne czy tworzyć mapy, musiały zaistnieć podstawy geodezyjno-kartograficzne GIS-u, z których jedną z ważniejszych jest sieć współrzędnych geograficznych. Dzięki istnieniu siatki kartograficznej każda zrektyfikowana warstwa informacyjna, czy jest to mapa szkolnego boiska, czy też model prognozowanych zmian klimatycznych w XXI wieku, z wielką dokładnością „wie”, jaką część naszego globu reprezentuje. W rezultacie wszystkie powstałe w GIS-ie mapy, bez względu na swoją skalę, zasięg terytorialny czy odwzorowanie kartograficzne, mogą tworzyć jeden system informacji przestrzennej. O ile ustalenie, który z równoleżników jest równikiem, a więc płaszczyzną odniesienia w określaniu szerokości geograficznej, nie powodowało kontrowersji, to ustalenie południka zerowego wywoływało poważne emocje i silną rywalizację międzynarodową. Dopiero w 1884 roku na specjalnie zorganizowanej w tym celu międzynarodowej konferencji w Waszyngtonie większością głosów przyjęto, że południkiem zerowym jest ten, który przechodzi przez oś teleskopu Królewskiego Obserwatorium Astronomicznego w Greenwich. Również 100 lat później, także w Waszyngtonie, zwołano kolejną przełomową konferencję, której owocem było przyjęcie WGS 84 (World Geodesic System 1984) jako optymalnego (jak na owe czasy) modelu ziemskiej elipsoidy. Ten sam WGS 84 stanowi

obecnie także podstawowy kartograficzny system odniesienia. Na zatwierdzonej na tej konferencji siatce geograficznej WGS 84 oparty jest podział na strefy czasowe, do niej nawiązuje GPS i to właśnie ona umożliwia stworzenie przez GIS systemu globalnej i lokalnej informacji przestrzennej. Nowy system współrzędnych geograficznych z 1984 roku doprecyzował dotychczas istniejący. W efekcie tego południk zerowy nie przechodzi już przez oś sławnego teleskopu, lecz został przesunięty o 102,5 m na wschód. Nieświadomi tego turyści w Greenwich wciąż oglądają nieaktualną już linię oznaczającą granicę pomiędzy półkulami zachodnią i wschodnią...



Rys. 1. Fragment linii granicznej między półkulami zachodnią i wschodnią przechodzącej przez oś teleskopu Królewskiego Obserwatorium Astronomicznego w Greenwich.

Ale i Polacy nie gęsi. My też, i to już od XVIII wieku, używaliśmy map do planowania gospodarczego w lasach. Prekursorskie zastosowanie pojawiło się, gdy w lasach królewskich zaczęło brakować dobra, jakim było drewno. Trzeba było zaplanować eksploatację w taki sposób, aby zasobów starczyło na dłuższy czas i aby regularnie, co roku, można było pozyskiwać odpowiednią ilość drewna. Wykonano więc inwentaryzację należącą do dóbr królewskich Puszczy Kozienickiej (mapy niestety nie zachowały się, natomiast

zestawienia inwentaryzacyjne można obejrzeć w Archiwum Głównym Akt Dawnych oraz na wystawie historii kartografii leśnej prezentowanej aktualnie w Instytucie Badawczym Leśnictwa w Sękocinie Starym). W efekcie przeprowadzonej inwentaryzacji przygotowano tematyczne mapy leśne, w tym mapy gatunków drzew, ich wieku i być może mapę stopnia ich zwarcia. Analiza tych map pozwalała planować i realizować zabiegi hodowlane w taki sposób, by zapewnić ciągłość trwania lasu. Autorem tego pierwszego w Polsce (1794 rok) operatu urządzania lasu i jednocześnie pierwszego dokumentu dotyczącego racjonalnego planowania wykorzystania zasobów naturalnych był Karol Adolf Mehlig, nadleśniczy Komisji Skarbu Królewskiego. Jest on też autorem Instrukcji do projektu urządzania i przyszłej gospodarki leśnej Puszczy Kozienickiej z 1 maja 1793 roku.



Fot. 2. Ta kobieta z plemienia Aymara z boliwijskiego Altiplano prawdopodobnie nigdy nie widziała telefonu stacjonarnego, ale świetnie sobie radzi z komórką.

Zamieszczone są w niej m. in. wskazania dotyczące pomiaru lasu, sporządzania map i metod tworzenia podziału powierzchniowego lasu. Na początku XX wieku w USA i Anglii opracowano teorię analizy czynnikowej – metody statystycznej pomagającej z wielu zjawisk wybrać te, które są ze sobą skorelowane, i zastąpić je reprezentatywnym czynnikiem, a w efekcie zredukować liczbę zmiennych, bez drastycznego zmniejszania dokładności samej analizy. W 2. połowie XX wieku teoria ta zaowocowała praktycznym wdrożeniem analizy czynnikowej w badaniach geograficznych, również w Polsce. W 1971 roku Teresa Czyż z Instytutu Geografii PAN opublikowała pracę pt. Zastosowanie analizy czynnikowej do badania ekonomicznej struktury regionalnej Polski. Podobne analizy czynnikowe dotyczące badań erozji gleb w tym samym okresie prowadzono w puławskim IUNG oraz w warszawskim IGiK – OPOLiS. Badania te stanowiły prekursorskie zastosowania „GIS-u bez komputera”. Na wielkoskalowych drukowanych mapach wybranych komponentów geograficznych, takich jak np.: długość i nachylenie stoku, podatność gleby na erozję, ilość opadów atmosferycznych czy stosowane praktyki rolnicze, nanoszono regularną siatkę kwadratów, gdzie każdemu polu (kwadratowi) przypisywano wartość numeryczną. Do oceny zagrożenia erozją, względnie wyliczenia objętości gleby już straconej (wyerodowanej) stosowano algorytmy, według których dokonywano działań algebraicznych na wartościach kwadratów z poszczególnych map. Tego rodzaju tytaniczną pracę wykonywano „na piechotę”. Było to w swojej koncepcji dokładnie to, co w latach 90. zaczął robić GIS (Arc/Info – Grid) i jego funkcje algebry rastrowej.

A dzisiaj?

Jeden z naszych wieszczów, Adam Mickiewicz, wyraził kiedyś następujące życzenie: „O, gdybym kiedy dożył tej pociechy, / Żeby te księgi zbłądziły pod strzechy...”. Miał on nadzieję, że Pan Tadeusz stanie się powszechnie dostępny, co mogłoby oznaczać, że nie tylko każdy będzie potrafił czytać, lecz

także, że każdego będzie stać na zakup książek. Dziś obserwujemy, że elitarny jeszcze kilkanaście lat temu GIS staje się uniwersalnym narzędziem. Stale rosnąca grupa specjalistów GIS pomaga w rozwiązywaniu skomplikowanych zagadnień komunikacji miejskiej, poszukiwań nowych złóż minerałów, ratowaniu ginących gatunków, optymalizowaniu produkcji rolnej, zapobieganiu powodziom czy w promocji turystycznej. Niektóre elementy GIS-u, jak powszechnie znana nawigacja samochodowa (np. AutoMapa) czy mapy wyświetlane przez media społecznościowe, stały się nieodzowną częścią naszego życia. Dotyczy to nie tylko państw Europy czy Ameryki Północnej, lecz także krajów rozwijających się, gdzie dostęp do komputerów jest coraz bardziej powszechny.



Fot. 3. Ogłoszenie reklamujące usługi geodezyjne i prawne w wyznaczaniu i rejestracji granic działek przy zastosowaniu technologii GPS i GIS. Zdjęcie wykonane w 2009 roku w północnej Gwatemali.

Kawiarenki internetowe to stały element krajobrazu nawet zupełnie niewielkich osad w Ameryce łacińskiej czy Azji. Przed 10 laty wydawało się nie do pomyślenia, aby każdy uczeń szkoły podstawowej mógł zobaczyć budynek swojej szkoły na Google

Maps. Obecnie w komputery wyposażone jest coraz więcej szkół zarówno świata, jak i najbliższej okolicy. Coraz bardziej rośnie obeznanie, szczególnie wśród młodzieży, z mapami, a tym samym liczba potencjalnych użytkowników GIS! Rozwój telefonii komórkowej, a wraz z nią dostęp do informacji geograficznej, jest szczególnie szybki. Przyrost liczby inteligentnych telefonów komórkowych przewyższa nawet tempo przyrostu ludności na naszym globie. Na pierwszy miliard użytkowników telefonii komórkowej czekaliśmy do 2002 roku. W 2011 było już 6 miliardów działających telefonów komórkowych, z czego 77 proc. w krajach rozwijających się. W Indonezji aż 96 proc. ludności to stali abonenci. W rezultacie już kilka godzin po tragicznych klęskach żywiołowych świat może oglądać stopień zniszczeń na setkach świeżo wykonanych zdjęć, a dzięki temu, że mają one dołączone współrzędne geograficzne miejsc, w których zostały wykonane, wiadomo, gdzie wystąpiły straty. Dzięki temu pomoc może szybko dotrzeć do najbardziej potrzebujących miejsc i ludzi. Tak się stało np. na Haiti po tragicznym trzęsieniu ziemi w 2010 roku. Choć strzechy w Polsce oglądać możemy już wyłącznie w skansenach, to GIS dociera obecnie do niemal każdego domu i obejmuje praktycznie cały świat. W krajach rozwijających się czasem nas to zaskakuje. Bywa, że komputery z dostępem do Internetu instalowane są w chatach krytych liśćmi palmy czy bananowca. A skoro jest bezprzewodowy Internet, to na ekranach czy to laptopów, czy telefonów komórkowych można oglądać mapy, poszukiwać na nich miejsc, podejmować decyzje dotyczące np. optymalnej drogi dotarcia do wybranych obiektów w terenie albo wybrać lokalizację zbiornika retencyjnego na potrzeby całej wsi. I choć takim projektom do możliwości oferowanych przez najnowszą platformę ArcGIS jest wciąż bardzo daleko, to „ojcowie GIS-u” są z pewnością bardzo radzi, że dożyli czasów, kiedy z różnych form GIS-u korzysta więcej niż miliard ludzi, a najbardziej zaawansowane aplikacje przekroczyły ich najśmielsze marzenia!