Technologia GIS – pomoc przy infrastrukturalnych inwestycjach energetycznych

Technologia GIS znajduje coraz więcej zastosowań w procesie przygotowania i prowadzenia inwestycji. Bardzo dobrym przykładem miejsc, w których można ją wykorzystać, są inwestycje liniowe, takie jak projekty rurociągów. W Stanach Zjednoczonych pomysł wykorzystania GIS-u przy projektowaniu inwestycji rurociągowych pojawił się mniej więcej 15 lat temu. Od tamtej pory powstało kilka dedykowanych modeli danych (w tym ArcGIS Pipeline Data Model) oraz wiele narzędzi przeznaczonych dla branży rurociągowej.

W Polsce zastosowanie GIS-u w projektach rurociągowych zaczęło się rozwijać w ostatnich latach, głównie za sprawą branży gazowej – przykładem jest program inwestycyjny Operatora Gazociągów Przesyłowych Gaz-System SA. Zgodnie z planem tego programu do 2014 roku w naszym kraju ma powstać ponad 1 tys. km nowych gazociągów przesyłowych, z czego 630 km zaprojektował ILF Consulting Engineers Polska Sp. z o.o. Łącznie, na przestrzeni ostatnich 3 lat, ILF Polska brał udział w pracach nad 1,5 tys. km rurociągów w Polsce i na świecie, prężnie rozwijając wykorzystanie GIS w tym obszarze.

Dlaczego GIS?

Duże inwestycje liniowe, takie jak rurociągi przesyłowe dalekiego zasięgu, wymagają analizy przestrzennej na bardzo rozległych obszarach, co wiąże się z koniecznością zbierania, walidacji, przetwarzania i udostępniania dużej liczby danych przestrzennych. Efektywna realizacja takiej inwestycji wymaga inteligentnego zarządzania informacjami na wszystkich jej etapach. Możliwość prowadzenia złożonych analiz na podstawie rozbudowanych baz danych sprawia, że technologia GIS staje się

idealnym narzędziem wspomagającym proces realizacji inwestycji rurociągowych.

Cechą inwestycji liniowych jest charakterystyczny sposób referencji przestrzennej danych. Doskonale nadaje się do tego GIS. Pozwala on na częściowe odniesienie danych do unikatowego układu, jaki stanowi oś realizowanej inwestycji (przez podanie miary bieżącej wzdłuż osi inwestycji – kilometrażu). Dynamiczna segmentacja danych pozwala na sprawną realizację takiego systemu odniesienia i zarządzanie zapisanymi w ten sposób danymi. Zastosowanie tego rozwiązania nie tylko daje możliwość lokalizacji danych na podstawie ich znanego położenia wzdłuż osi projektowanego rurociągu, lecz także pozwala na automatyczne transformowanie informacji o lokalizacji wzdłuż rurociągu do nowego przebiegu osi, podlegającego częstym zmianom, zwłaszcza w początkowych etapach realizacji inwestycji. Możliwe jest np. automatyczne przypisanie nowego kilometrażu występującym na trasie siedliskom gatunków chronionych natychmiast po wprowadzeniu modyfikacji przebiegu trasy rurociągu. Pozwala to uniknąć błędów oraz w łatwy sposób odnieść do aktualnej wersji trasy zjawiska opisane kilometrażem w poprzedniej wersji.

Etapy projektowania

W najczęściej stosowanym podejściu do projektowania przebiegu trasy gazociągu jest ona wyznaczana iteracyjnie, przez optymalizację przebiegu na kolejnych etapach realizacji inwestycji. W przypadku inwestycji liniowych, takich jak gazociągi, projektowanie z wykorzystaniem technologii GIS można podzielić na kilka zasadniczych etapów:

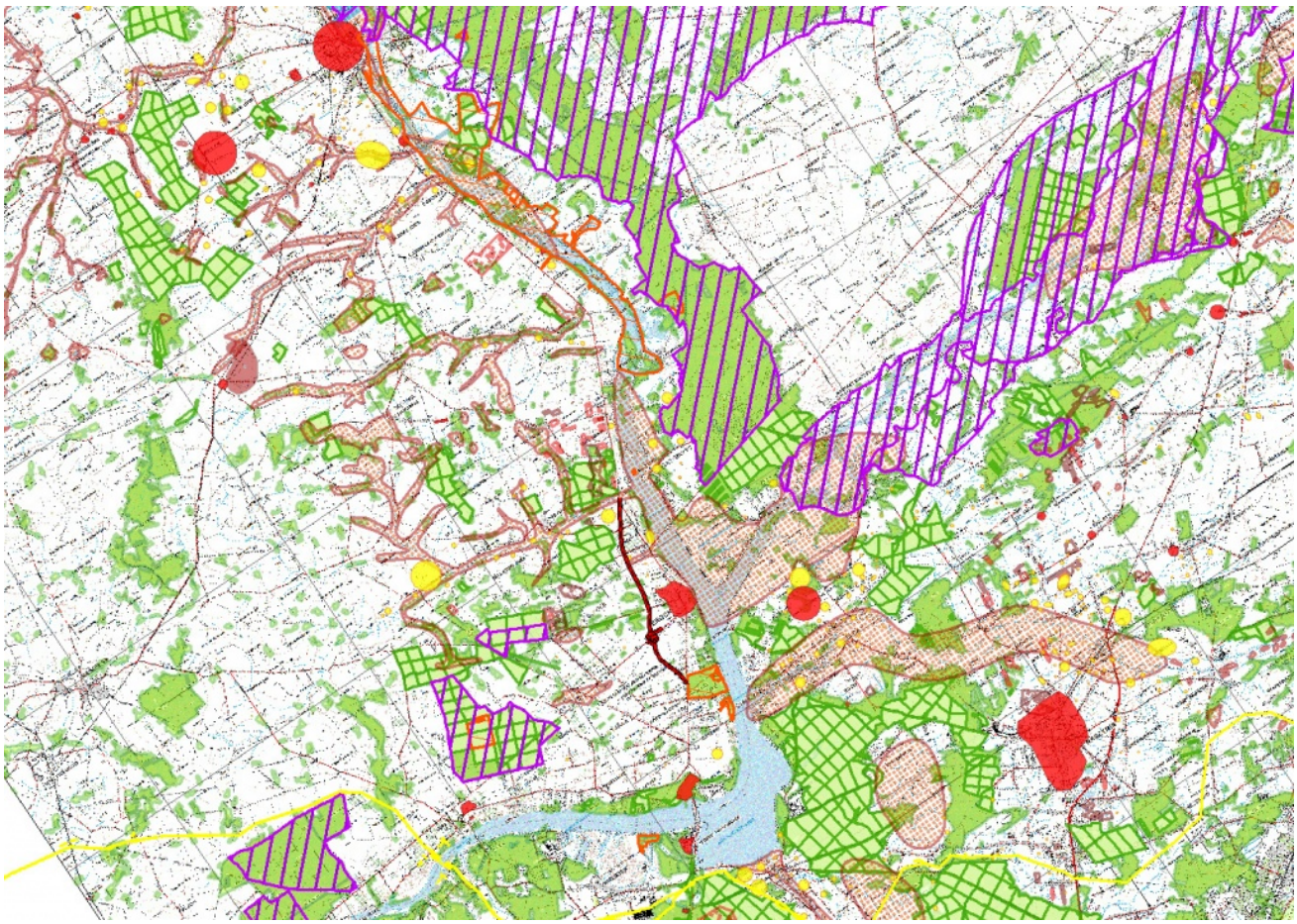
· analizy wstępne – początek prac, najniższy poziom szczegółowości,

· optymalizacja przebiegu rurociągu i analizy wariantowe – wyższy poziom szczegółowości danych, bardziej zaawansowane analizy przestrzenne,

· opracowanie dokumentacji projektowej – najwyższy poziom szczegółowości danych, wykorzystanie narzędzi charakterystycznych dla inwestycji liniowych.

Analizy wstępne

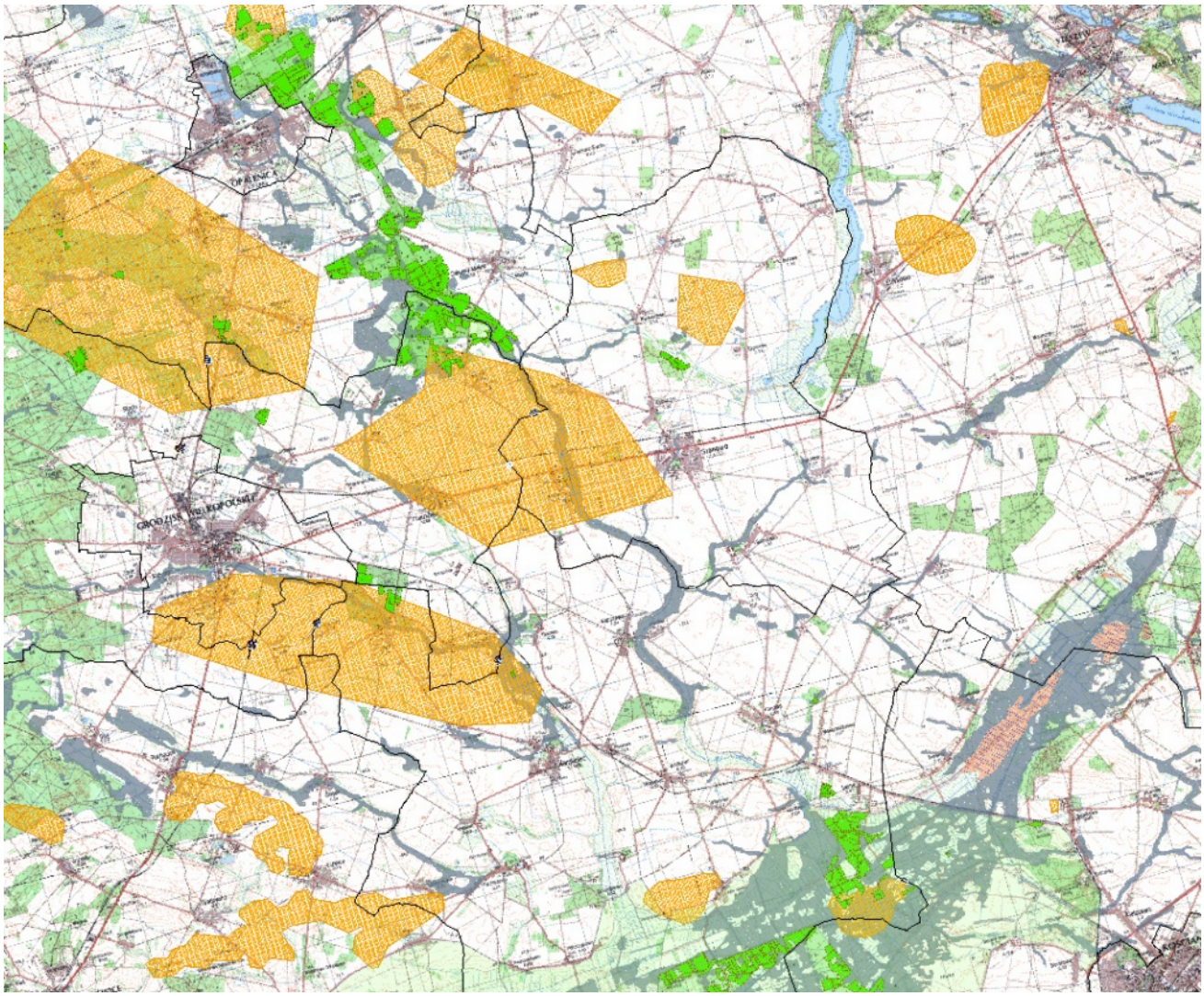
Technologię GIS powinno się wykorzystywać już na pierwszym etapie procesu inwestycyjnego, jakim są wstępne analizy biznesowe i studia wykonalności. W przypadku projektów rurociągowych kluczowy element odniesienia wszelkich prac studialnych stanowi wyznaczenie przebiegu trasy inwestycji. Najczęściej znane są punkty początkowy i końcowy, zdarza się jednak, że wybór punktu początkowego lub końcowego jest jednym z zadań do wykonania w trakcie wyznaczania przebiegu rurociągu. Kolejny krok to zdefiniowanie czynników, które będą uwzględniane w trakcie wyznaczania przebiegu trasy inwestycji. Czynniki te są podobne, niezależnie od inwestycji – praktycznie różnią się przypisywaną im wagą, np. w przypadku gazociągów ważną rolę odgrywają warunki gruntowo-wodne.



Rys. 1. Analizy wstępne – kombinacja czynników warunkujących przebieg inwestycji (tereny leśne, obszary cenne przyrodniczo, skupiska zabytków).

Przy wyznaczaniu przebiegu trasy inwestycji stosuje się tzw. Least Cost Analysis, których istotą jest przypisanie wagi wszystkim elementom modelu danych. Wykonywanie takich analiz zostaje wsparte analizami przestrzennymi z wykorzystaniem narzędzi GIS. Tworzona jest baza danych zawierająca informacje o uwarunkowaniach środowiskowych, pokryciu i ukształtowaniu terenu, warunkach geologicznych itp. Elementom modelu danych przyporządkowuje się czynniki wagowe, które odzwierciedlają związany z każdym z nich, negatywny wpływ na możliwość realizacji inwestycji, np. terenom zalesionym przypisuje się wagę 50, obszarom o słabych warunkach gruntowo-wodnych wagę 100, a obszarom cennym przyrodniczo wagę 500. Dla niektórych czynników niezbędne jest przypisanie atrybutu typu „No-Go”, który oznacza, że jego wystąpienie wyklucza możliwość realizacji inwestycji w danym miejscu. Wynik analizy Least

Cost stanowi linia łącząca zadane punkty, charakteryzująca się najmniejszym skumulowanym wpływem wszystkich zdefiniowanych czynników lub (co jest rozwiązaniem preferowanym) korytarz, w którym skumulowany wpływ wszystkich elementów nie przekracza zadanej wartości. To drugie rozwiązanie jest bardziej pożądane, ponieważ korzystając z zasady „od ogółu do szczegółu”, w korytarzu wynikowym można przystąpić do zbierania informacji na wyższym poziomie szczegółowości, a następnie wyznaczyć kolejny, węższy korytarz. Zawężanie korytarzy jest najefektywniejszą metodyką wyznaczania przebiegu inwestycji liniowej.



Rys. 2. Analizy wstępne – kombinacja czynników geologicznych warunkujących przebieg inwestycji (grunty organiczne, wysokie

zwierciadło wód gruntowych, obszary wydobycia kopalin).

Dla inwestycji liniowych o długości setek kilometrów liczba zbieranych danych przestrzennych jest bardzo duża. Bez wykorzystania technologii GIS sprawne zarządzanie takimi danymi byłoby bardzo trudne, a w przypadku inwestycji o długości kilku tysięcy kilometrów – wręcz niewykonalne. Pełne wykorzystanie zebranych danych jest możliwe tylko przy zastosowaniu zaawansowanych analiz przestrzennych, takich jak np. Least Cost Analysis. Bez wykorzystania technologii GIS wybór korytarza odbywa się ręcznie, na podstawie map prezentujących czynniki warunkujące przebieg inwestycji. W takim podejściu określenie skumulowanego wpływu kilku czynników jest niemożliwe lub bardzo ograniczone.

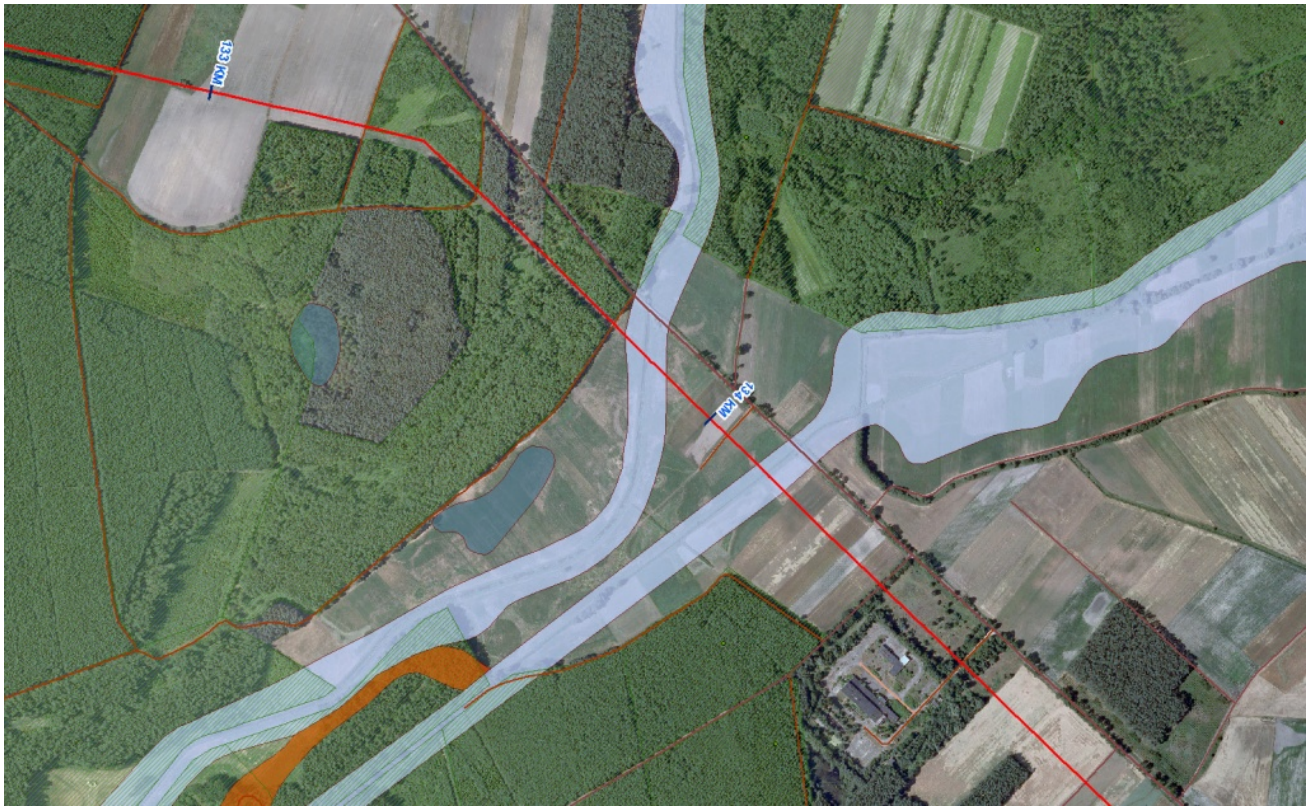
Optymalizacja przebiegu inwestycji, analizy wariantowe

Kolejnym krokiem w przygotowaniu inwestycji liniowej jest optymalizacja jej przebiegu w wyznaczonym korytarzu. W najczęściej stosowanym podejściu wyznacza się kolejno korytarze o szerokości ok. 10 km, 2 km, 200–500 m. W tym celu gromadzone są informacje na wyższym poziomie szczegółowości. W przypadku projektów rurociągowych dużą wagę przykłada się do czynników środowiskowych (np. rozmieszczenia siedlisk gatunków chronionych we wcześniej zidentyfikowanych obszarach cennych przyrodniczo) oraz społeczno-ekonomicznych, zdefiniowanych w dokumentach planistycznych na szczeblu samorządu lokalnego. W przypadku terenów o skomplikowanej rzeźbie ważną rolę odgrywa numeryczny model ukształtowania terenu, który daje możliwość identyfikacji stromych stoków, jarów oraz innych form ukształtowania terenu, uniemożliwiających bądź komplikujących przebieg inwestycji przez dany obszar.

Liczba danych gromadzonych na tym etapie przygotowania inwestycji jest bardzo duża. Pochodzą one z różnych źródeł, różnią się jakością i formą. Często konieczne stają się

kalibracja obrazów rastrowych i wektoryzacja wybranych informacji graficznych. Część z nich ma formę tekstową w postaci informacji udzielonych na piśmie przez strony trzecie. Prace nad optymalizacją przebiegu trasy prowadzone są przez wielobranżowy zespół inżynierów, dlatego duże znaczenie mają jakość i kompletność bazy danych przestrzennych oraz łatwość korzystania z niej. W dużej mierze od tego zależy jakość produktu końcowego, jakim jest trasa inwestycji. Członkowie zespołu powinni mieć jednoczesny dostęp do aktualnych i spójnych danych. GIS umożliwia takie podejście i stanowi centrum przepływu informacji.

Na tym etapie prowadzone są również wizje terenowe, mające na celu weryfikację wyznaczonego przebiegu trasy oraz dostarczenie dodatkowych informacji o czynnikach mogących oddziaływać z planowaną inwestycją. Produktem takich wizji terenowych są filmy i zdjęcia posiadające tzw. geotagi (zapisaną pozycję i orientację zdjęcia lub filmu). Przygotowane w taki sposób zdjęcia i filmy stają się automatycznie częścią budowanej bazy danych i mogą być uzupełnieniem opracowanych map bądź wizualizacji. Częstym wynikiem prac mających na celu wyznaczenie trasy inwestycji jest więcej niż jeden wariant jej przebiegu. Wybór optymalnego wariantu z uwzględnieniem skumulowanego wpływu wielu czynników bywa trudny, dlatego konieczne staje się przeprowadzanie analiz porównawczych, które mają jednoznacznie wskazać najkorzystniejszą opcję. Optymalną trasę analizuje się pod kątem oddziaływania na środowisko i społeczeństwo oraz kosztu realizacji. Optymalne jest zastosowanie informacji z baz danych przestrzennych jako danych do analiz – w początkowych etapach realizacji inwestycji VMAP poziomu 2, a w późniejszych – TBD, odpowiadającej mapie topograficznej w skali 1:10 000. W ostatnich latach bazy te praktycznie zastąpiły analogowe mapy topograficzne.



Rys. 3. Optymalizacja przebiegu trasy – kombinacja ortofotomapy, topograficznej bazy danych oraz danych geologicznych i środowiskowych.

Opracowanie dokumentacji projektowej, procedury formalne

Na tym etapie realizacji inwestycji, na podstawie wcześniej zebranych danych, prowadzone są prace projektowe na najwyższym poziomie szczegółowości – projekt budowlany i wykonawczy. Ma to przede wszystkim prowadzić do uzyskania pozwolenia na budowę (a wcześniej wszystkich wymaganych decyzji administracyjnych) oraz do sporządzenia dokumentacji wykonawczej.

Baza danych jest zasilana bardzo szczegółowymi danymi. Pierwszą grupą stanowią wyniki inwentaryzacji przyrodniczych, prowadzonych w obszarze oddziaływania inwestycji, które następnie służą do oceny jej oddziaływania na środowisko. Są to dane punktowe i powierzchniowe, określające m.in. występowanie chronionych gatunków bądź użytków ekologicznych.

Zazwyczaj takim danym towarzyszą zlokalizowane przestrzennie zdjęcia i filmy.

Kolejną grupą są informacje z ewidencji gruntów i budynków: dane geometryczne działek ewidencyjnych oraz dane o właścicielach nieruchomości. Gromadzenie i udostępnianie tych informacji jest niezbędne, ponieważ właściciele nieruchomości muszą być oficjalnie informowani o rozpoczęciu i zakończeniu postępowania podczas wszystkich prowadzonych procedur formalnych. Wykorzystanie bazy GIS daje możliwość automatyzacji związanych z tym procesów, np. poprzez szybkie generowanie wykazu adresatów do korespondencji, na podstawie przecięcia warstwy danych ewidencyjnych z zadanym korytarzem czy wyznaczenie powierzchni terenu zajmowanego na czas realizacji inwestycji. Dodatkowo, wykorzystanie GIS-u pozwala na aktualizację powyższych danych w przypadku zmian w przebiegu projektowanego rurociągu oraz daje pewność, że ostateczny wykaz będzie kompletny. Mając na uwadze złożoność procesu projektowego oraz częstotliwość wprowadzanych zmian, należy stwierdzić, że pełna kontrola nad tworzeniem i aktualizacją zestawień danych ewidencyjnych byłaby praktycznie niemożliwa bez GIS-u. Po wybudowaniu rurociągu, w przypadku koniecznych prac eksploatacyjnych, zebrane wcześniej dane o działkach ewidencyjnych i ich właścicielach mogą być wykorzystane do zidentyfikowania osób, które należy powiadomić o prowadzonych działaniach.
Ostatnią, bardzo ważną grupą, są dane o skrzyżowaniach inwestycji z przeszkodami terenowymi i istniejącą infrastrukturą. Inwestycje liniowe krzyżują się z dziesiątkami dróg, cieków, rowów, linii energetycznych i elementów infrastruktury podziemnej. 100-kilometrowy odcinek gazociągu może przecinać mniej więcej 50 dróg, pięć linii kolejowych, 10 rzek i 50 mniejszych cieków. Dla każdego takiego skrzyżowania przewidziane jest odrębne rozwiązanie techniczne i z każdym z nich wiążą się dokumentacja projektowa oraz inne dokumenty (rozwiązania projektowe, uzgodnienia z właścicielami lub zarządcami itp.). Przechowywanie informacji o skrzyżowaniach

oraz związanych z nimi dokumentach w bazie przestrzennej daje możliwość łatwej identyfikacji i weryfikacji tych dokumentów na dalszych etapach inwestycji, w szczególności w trakcie budowy.

Dodatkowo, w procesie projektowania szczegółowego wykorzystywane są ortofotomapy o wysokiej rozdzielczości (rozmiar pixela wynosi nawet 4 cm). Bez zastosowania narzędzi GIS zarządzanie tymi ortofotomapami i udostępnianie ich szerokiemu gronu użytkowników byłoby niemożliwe.

Wykorzystywane rozwiązania

Oprócz standardowych rozwiązań desktopowych, stosowanych do przetwarzania i udostępniania danych, bardzo atrakcyjnym narzędziem jest „GIS w chmurze”. Korzystając z subskrypcji np. ArcGIS Online (GIS w chmurze Esri), możliwe jest stworzenie internetowego serwisu mapowego, który może być wykorzystywany do udostępniania danych oraz wyników pracy poza organizacją (np. instytucjom i urzędom prowadzącym postępowania). W przypadku dużych organizacji, w których zadanie działu GIS polega na zbieraniu i udostępnianiu danych użytkownikom nieposiadającym dedykowanego oprogramowania, podejście oparte na serwerach udostępniających zasoby poprzez przeglądarki internetowe jest bardzo dobrym rozwiązaniem, umożliwiającym edycję danych online i generowanie wydruków oraz oferującym proste analizy przestrzenne.

Podsumowanie

W porównaniu z innymi formami przechowywania informacji związanych z inwestycją liniową efektywność pracy z zastosowaniem technologii GIS jest zdecydowanie większa i pozwala uniknąć wielu problemów organizacyjnych, np. przez dostarczanie informacji o skrzyżowaniach, które mają bezpośredni wpływ na proces budowy. Coraz powszechniejsze staje się stosowanie przez operatorów infrastruktury przesyłowej systemów zarządzania majątkiem sieciowym opartych

na technologii GIS, które w przypadku rozleglej infrastruktury znacząco wspierają proces eksploatacji sieci, np. umożliwiając sprawne planowanie i monitorowanie prac remontowych. Integracja danych wykorzystywanych w poszczególnych etapach realizacji inwestycji pozwala na stworzenie kompletnego i wielozadaniowego systemu GIS.

Zastosowanie technologii GIS na wszystkich etapach realizacji inwestycji liniowej przynosi wiele korzyści. Umożliwia prowadzenie złożonych analiz przestrzennych, wybór najkorzystniejszego przebiegu, wsparcie zarządzania na etapie budowy i eksploatacji inwestycji. Gromadzenie danych od pierwszego etapu w postaci bazy danych GIS zwiększa efektywność, a także pozwala uniknąć typowych problemów, zwłaszcza w sytuacjach, gdy do realizacji konkretnego zadania potrzebne są informacje z poprzedniego etapu procesu przygotowania inwestycji.

Baza GIS, jako numeryczna forma przechowywania treści projektu, umożliwia szybkie odnajdywanie informacji, niezależnie od wielkości przeszukiwanego zbioru. W przypadku projektów rurociągowych dużą zaletą jest możliwość odnajdywania informacji na podstawie zapytań przestrzennych (jak np. lista działek przecinanych przez inwestycję czy dane opisowe i dokumenty związane ze skrzyżowaniem z daną przeszkodą terenową), co bez zastosowania technologii GIS byłoby niemożliwe.