

## **METODY PRZEPROWADZANIA ANALIZ DOTYCZĄCYCH OCHRONY WÓD PODZIEMNYCH NA OBSZARACH WIEJSKICH DLA POTRZEB SIP**

### **Streszczenie**

Celem pracy było opracowanie, według podstawowych możliwości i funkcji analitycznych technologii systemów informacji przestrzennej (SIP), przykładowej analizy przestrzennej, której wynik może stanowić podstawę do podejmowania decyzji ułatwiających zarządzanie wodami podziemnymi na terenie gminy oraz przedstawienie przebiegu tej analizy za pomocą języka UML (Unified Modelling Language). Wykazano, że podstawowe możliwości SIP są wystarczające do wykonywania tego typu analiz. Nie ma konieczności wykorzystywania specjalistycznych systemów wspomaganie decyzji. Ponadto stwierdzono, że na diagramie czynności UML można jednoznacznie przedstawić kroki wykonywanej analizy dotyczącej przetwarzania informacji przestrzennych.

**Słowa kluczowe:** systemy informacji przestrzennej, GIS, wody podziemne, obszary wiejskie, UML

### **Wprowadzenie**

Obszarowo największym zagrożeniem dla wód podziemnych jest rolnictwo [Malinowski 1991]. Podejmowanie decyzji dotyczących oceny zagrożeń wód podziemnych jest procesem, który wiąże się z wielokryterialną analizą ogromnych ilości danych, oceną ryzyka, wyborem rozwiązania i oceną stałych zysków. W niniejszym artykule przedstawiono przykład analizy, dotyczącej ochrony wód podziemnych, która może być przeprowadzona na dowolnym obszarze z terenu Wielkopolski, po odpowiednim przygotowaniu danych wejściowych. Do przeprowadzenia analiz tego typu zaproponowano technologię systemów informacji przestrzennej (SIP) i wykorzystanie algorytmu DRASTIC do oceny podatności wód podziemnych na zanieczyszczenia. Współczesne SIP do wykonania złożonych analiz wielokryterialnych wymagają współpracy z zewnętrznymi, specjalistycznymi systemami wspomaganie decyzji [Cichociński 2002]. Wbudowane możliwości i funkcje analityczne tych systemów są jednak od lat z powodzeniem stosowane na świecie w analizowaniu podstawowych sytuacji w różnych dziedzinach tematycznych.

Język UML (Unified Modelling Language) jest uznanym standardem projektowania systemów informatycznych. Trwają prace nad opracowaniem profilu UML dla SIP. Prace te prowadzone są głównie przez Komitet Techniczny 211 Międzynarodowej Organizacji Standaryzacyjnej ISO oraz przez międzynarodową organizację non-profit OGC (Open GIS Consortium) i dotyczą przede wszystkim opracowania modeli ogólnych<sup>1</sup>, niezwiązanych z żadną dziedziną przedmiotową [Michalak 2003].

Celem niniejszej pracy było opracowanie, na podstawie cech charakterystycznych i funkcji analitycznych SIP, przykładowej analizy przestrzennej, której wynik może stanowić podstawę do podejmowania decyzji ułatwiających zarządzanie wodami podziemnymi na terenie gminy oraz przedstawienie przebiegu tej analizy za pomocą języka UML.

Sformułowano następujące pytania badawcze:

- 1) czy podstawowe możliwości i funkcje technologii SIP są wystarczające, aby wykonać analizę dotyczącą oceny wpływu środowiska zewnętrznego na stan jakościowy wód podziemnych?
- 2) czy dla potrzeb prostych analiz związanych z ochroną wód podziemnych konieczne jest łączenie SIP ze specjalistycznymi systemami wspomaganie decyzji?
- 3) czy za pomocą diagramu czynności UML można w jednoznaczny sposób przedstawić przebieg analizy dotyczącej przetwarzania informacji przestrzennych?

## **Metodyka**

### **A. Analiza: cel, problemy**

Celem analizy było wskazanie terenów użytkowanych rolniczo, stanowiących największe zagrożenie dla płytkich wód podziemnych na terenie gminy.

Główne problemy związane z przeprowadzeniem takiej analizy dotyczą ujęcia na zadanym poziomie abstrakcji zależności, występujących w świecie rzeczywistym, w modelu abstrakcyjnym, na podstawie którego będzie przeprowadzona analiza. Kolejne problemy związane są z doбором danych wejściowych, przedstawieniem ich w odpowiednim formacie oraz ich połączeniem.

Rozwiązaniem problemu pierwszego jest wykorzystanie algorytmu oceny zagrożenia wód podziemnych na zanieczyszczenia. Tego typu algorytmów

---

<sup>1</sup> W geomatyce model ogólny to model, w którym definiowana jest geometria, lokalizacja i topologia [Michalak 2003].

istnieje kilka [Rudowicz-Nawrocka 2003], w niniejszej pracy użyto algorytmu DRASTIC.

### **B. Algorytm**

Algorytm DRASTIC polega na obliczeniu indeksu podatności wód podziemnych na zanieczyszczenia. Indeks IPZ oblicza się z sumy iloczynów parametrów zależnych od warunków występowania wód podziemnych ( $r$ ) i ich wag ( $w$ ), według wzoru:

$$IPZ = D_r D_w + R_r R_w + A_r A_w + S_r S_w + T_r T_w + I_r I_w + C_r C_w \quad (1)$$

gdzie:  $D$  – głębokość do zwierciadła wód podziemnych,  $R$  – wskaźnik zasilania wód podziemnych,  $A$  – rodzaj utworów wodonośnych,  $S$  – rodzaj (klasa) gleb,  $T$  – nachylenie terenu,  $I$  – cechy strefy aeracji<sup>2</sup>,  $C$  – przewodność hydrauliczna.

Wartości poszczególnych parametrów oraz przypisanych im wag odczytuje się z odpowiednich tabel i wykresów [Aller i in. 1988]. Im wody podziemne są bardziej podatne na zanieczyszczenie, tym wartość indeksu jest wyższa.

### **C. Narzędzie i dane wejściowe**

W związku z faktem, że najczęściej działania planistyczne i projektowe w gminie oparte są na mapach [Kaźmierczak-Kośka, Kośka 2000], wybrano technologię systemów informacji przestrzennej, w której mapy stanowią model rzeczywistości materialnej. Wybór niniejszej technologii pociąga za sobą sposób opracowania i przechowywania danych wejściowych oraz podstawowe funkcje przeprowadzania analiz.

Jako źródła danych mogą posłużyć mapy zagospodarowania przestrzennego, mapy rolniczo-glebowe, hydrogeologiczne, sozologiczne itp. Wszystkie dane (mapy) muszą zostać przedstawione w postaci cyfrowej, z podziałem na warstwy tematyczne i zapisane w postaci odpowiednio wektorowej bądź rastrowej. W celu dalszego łączenia warstw tematycznych w trakcie przeprowadzania analiz, niezbędne jest ustalenie jednolitego poziomu odniesienia dla wszystkich zgromadzonych danych, ujednoczenie formatów, odwzorowań i standardów zapisu danych, następnie zidentyfikowanie osnowy geometrycznej, względem której

---

<sup>2</sup> Strefa aeracji, strefa nawietrzenia – strefa między powierzchnią ziemi a swobodnym zwierciadłem wód podziemnych. W strefie aeracji pustki skalne wypełnia powietrze i woda występująca w postaci pary wodnej, wody związanej (woda higroskopijna, woda błonkowata), wody kapilarnej oraz wolnej wody zawieszanej i wsiąkowej [Dowgiałło i in. 2002]

mogłyby być odniesione wszystkie zgromadzone dane graficzne. Zagadnienia te obejmują metody kartograficzne wykorzystywane w SIP oraz standardy ISO TC/211.

Końcowym etapem jest przeprowadzenie analizy, w której podstawową rolę odgrywają dane powierzchniowe, tzw. poligony, które w procesie przygotowania danych (map i warstw tematycznych) zapisane zostały w formacie rastrowym, jako tzw. siatka (grid). Każdemu polu siatki przypisana jest dokładnie jedna wartość zgodnie z rzeczywistością materialną. Są to wartości odpowiadające wagom wykorzystywanym w algorytmie oceny stopnia zagrożenia wód podziemnych.

Analizy, poza wykorzystaniem możliwości technologii SIP zapisu danych w formacie raster/wektor oraz z podziałem na warstwy, opierają się na czterech głównych funkcjach analitycznych dostępnych w tej technologii: wybór obszaru (działki, poligonu) – funkcja select - wg zadanego kryterium, np. klasa gleb, wyznaczanie bufora – funkcja buffer - o dowolnym promieniu wokół wybranego obiektu, np. wokół ujęcia wody, pokrycie, połączenie – union (suma warstw), intersect (iloczyn warstw) - wybranych wcześniej działek [Booth, Mitchell 2001]. W wyniku tych działań powstają warstwy o kombinacji współczynników, które klasyfikuje się wg oceny podatności wód podziemnych na zanieczyszczenia, zgodnie z przyjętym algorytmem.

#### ***D. Diagram czynności UML. Przebieg analizy***

Diagram czynności UML stanowi wyspecjalizowany typ modelowania zachowania systemu. Jest to schemat blokowy, przedstawiający przepływ sterowania od czynności do czynności w miarę upływu czasu, z uwypukleniem wywoływanych operacji [Booch i in. 2001]. Reprezentuje przepływ sterowania w przypadkach użycia zdefiniowanych podczas określania specyfikacji wymagań systemu.

Diagramy czynności, jak podają Booch i inni [2001], „zawierają na ogół: stany akcji i stany czynności, przejścia oraz obiekty”. Według wspomnianych autorów stany akcji nie mogą być dekomponowane, są niepodzielne, natomiast stany czynności mogą być dekomponowane. Przykład diagramu czynności w niniejszej pracy przedstawia stany czynności.

Przepływy sterowania są definiowane na diagramach czynności za pomocą przejść między stanami. Przejście następuje natychmiast po zakończeniu akcji przypisanej do danego stanu. Współbieżne przepływy sterowania obrazowane są na diagramach za pomocą grubych kresek. „Jeśli do takiej kreski wchodzi jedno przejście, a wychodzą dwa lub więcej, oznacza to, że

wszystkie wychodzące przejścia mają odbyć się po wystąpieniu przejścia wchodzącego. Nazywa się to rozdzieleniem sterowania. Jeśli do kreski wchodzi dwa (lub więcej) przejścia, a wychodzi jedno, oznacza to, że wszystkie wchodzące muszą wystąpić, aby nastąpiło przejście wychodzące. Nosi to nazwę synchronizacji sterowania” [Alhir 2004].

Rysunki 1 i 2 przedstawiają diagram czynności przebiegu analizy, której celem jest wskazanie terenów zagospodarowanych rolniczo i stanowiących największe zagrożenie dla wód podziemnych ze względu na swą lokalizację, czyli m.in. położenie na terenach przepuszczalnych, o glebach klasy gorszej niż V, z płytko położonym zwierciadłem wód podziemnych. Stany oznaczają kolejne kroki (K1, K2, ..., K27) wykonywane w trakcie przeprowadzania analizy z uwzględnieniem funkcji SIP. Wykorzystują one przygotowane wcześniej dane graficzne zapisane w postaci warstw tematycznych, nazwanych m.in.: zagospodarowanie terenu (dostępne w formacie wektorowym), rzeźba terenu (w formacie rastrowym), hydrogeologia (w formacie rastrowym), czy gleby (w formacie rastrowym).

Przeprowadzona analiza nie bierze pod uwagę dokładnie wszystkich parametrów algorytmu DRASTIC. Dobór warstw i wartości poszczególnych parametrów został pozostawiony osobie wykonującej analizę. Nazwy zapisywanych warstw również są dowolne.

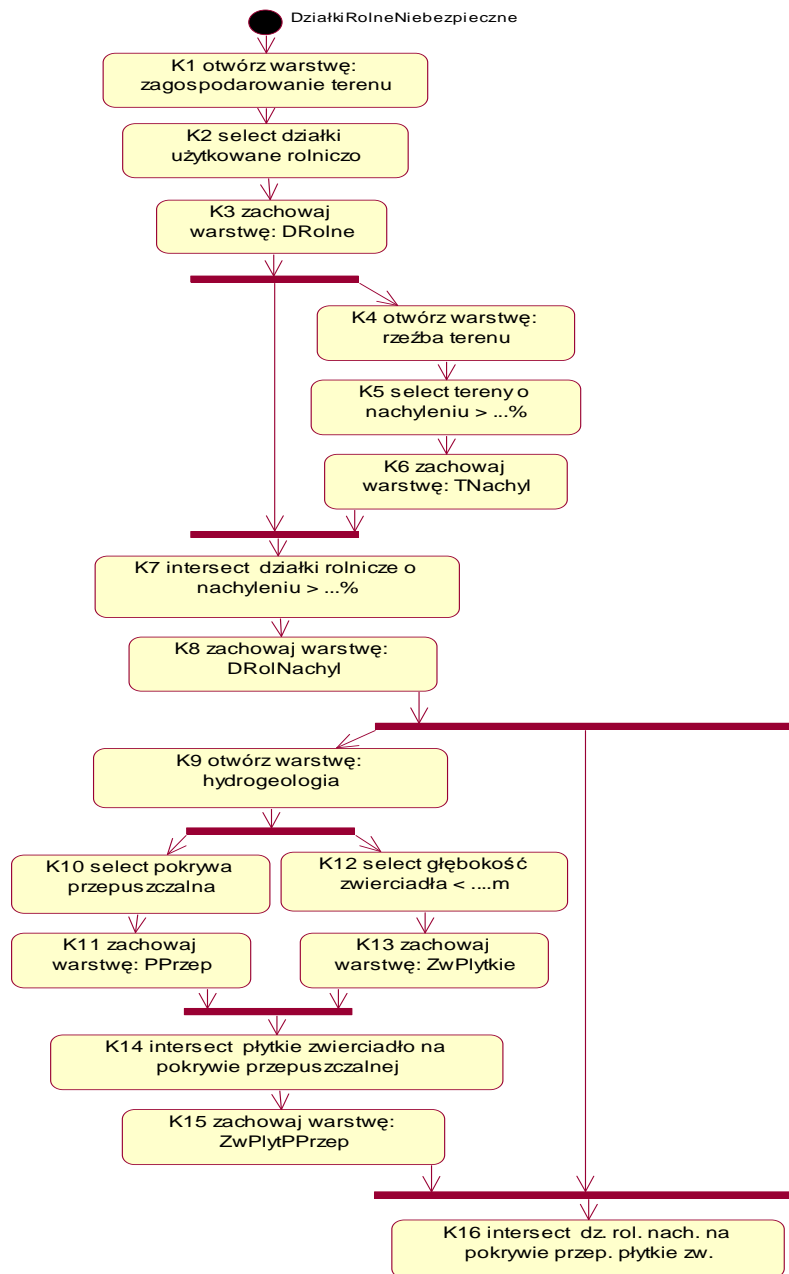
Diagram wykonano w programie Rational Rose 2000.

### **Podsumowanie**

Przedstawiony przykład potencjalnej analizy pokazuje, że podstawowe możliwości SIP są wystarczające do wykonywania tego typu analiz. Wynik analizy, w postaci mapy działek bądź obszarów spełniających stawiane wymagania, może stanowić podstawę do podejmowania dalszych decyzji przez decydentów gminnych. Warunkiem koniecznym jest przygotowanie danych w odpowiedniej postaci i zapewnienie ich wysokiej jakości.

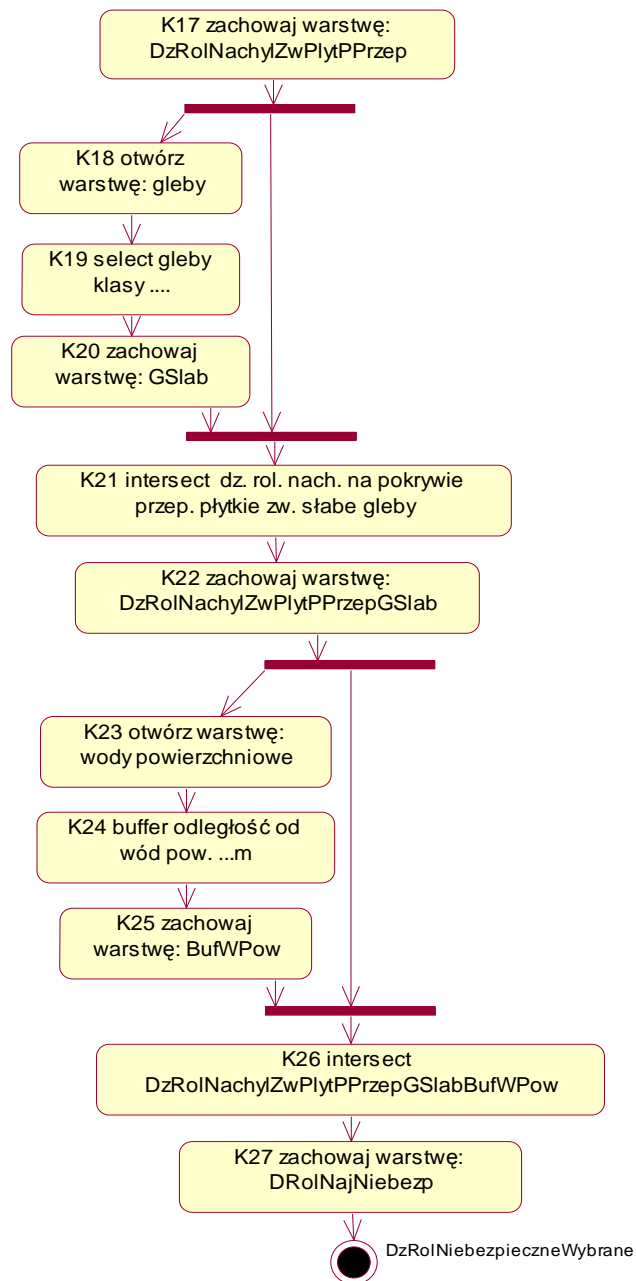
W związku z powyższym można uważać, że nie ma konieczności zakupu przez np. urzędy gminy, poza oprogramowaniem narzędziowym SIP, specjalistycznych systemów wspomaganie decyzji. Znacznie obniża to koszty zakupu i eksploatacji SIP, co z pewnością jest istotną zaletą.

W pracy wykazano, że na diagramie czynności UML można w prosty, jednoznaczny sposób przedstawić procedurę wyboru terenów zagospodarowanych rolniczo, stanowiących największe zagrożenie dla wód podziemnych na danym obszarze.



Rys. 1. Diagram czynności wyboru działek rolniczych stanowiących największe zagrożenie dla wód podziemnych (pierwszych 17 czynności)

Fig. 1. Diagram of activities selecting the agricultural parcels of major hazard to underground water (first 17 functions)



Rys. 2. Diagram czynności wyboru działek rolniczych stanowiących największe zagrożenie dla wód podziemnych (pozostałe 12 czynności)

Fig. 2. Diagram of activities selecting the agricultural parcels of major hazard to underground water (next 12 functions)

## Bibliografia

- Alhir S. S. 2004. *UML. Wprowadzenie*. Helion., Gliwice
- Aller L., Bennett T., Lehr J., Petty R.J., Hackett G. 1988. *Drastic: a standarised system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic settings*. US EPA, Ada
- Booch G., Rumbaugh J., Jacobson I. 2001. *UML przewodnik użytkownika*. WNT, Warszawa
- Booth B., Mitchell A. 2001. *Getting Started with ArcGIS. GIS by ESRI*. New York, USA
- Cichociński P. 2002. *Zastosowanie systemów informacji przestrzennej do wspomagania procesów podejmowania decyzji*. XII Konferencja Naukowo-Techniczna nt. *Systemy Informacji Przestrzennej*, ss. 69-73, Warszawa
- Dowgiałło J., Kleczkowski A.S., Macioszczyk T., Rózkowski A. (praca zbiorowa) 2002. *Słownik hydrogeologiczny*. PIG, Warszawa
- Każmierczak-Końska E., Końska T. 2000. *Ewidencja gruntów i budynków podstawą map tematycznych dla celów zarządzania*. *Materiały konferencyjne: X Konferencja Naukowo-Techniczna nt. Systemy Informacji Przestrzennej*. Zegrze k. Warszawy, ss. 282-289
- Malinowski J. (praca zbiorowa) 1991. *Budowa geologiczna Polski – Hydrogeologia*. Tom VII. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa
- Michalak J. 2003. *Podstawy metodyczne i technologiczne infrastruktur geoinformacyjnych*. *Roczniki Geomatyki, Tom 1, zeszyt 2*. Wieś Jutra, Warszawa
- Rudowicz-Nawrocka J. 2003. *Koncepcja modelu przestrzennego do oceny zagrożeń wód podziemnych na obszarach wiejskich*. *Inżynieria Rolnicza, 12 (54): 325-331*

## ANALYTICAL METHOD DEALING WITH UNDERGROUND WATER PROTECTION ON RURAL AREAS AS REQUIRED BY THE SPATIAL INFORMATION SYSTEM

### Summary

Considering the characteristics and analytical functions of the spatial information system (SIS) technology an attempt was made to elaborate an exemplary spatial analysis, the results of which could be an useful base to making decisions concerning underground water management on district area as well as to presenting the course of analysis by using the unified modeling language (UML). It was stated that the basis SIS possibilities are sufficient to perform the analyses of this kind, without a necessity of using specialistic system aiding decision making. Moreover, it was found that the steps of analysis being carried out to process the spatial information, may be univocally presented on the diagram of UML activities.

**Key words:** spatial information systems, GIS, underground water, rural areas, UML

*Recenzent – Andrzej Kusz*