

Alicja KLAWCZYŃSKA

*Instytut Inżynierii Środowiska,
Politechnika Poznańska
Poznań*

WIELOKRYTERIALNY WYBÓR OPROGRAMOWANIA DO MODELOWANIA DUŻYCH SIECI WODOCIĄGOWYCH

**MULTICRITERIA CHOICE OF SOFTWARE MODELLING FOR LARGE
WATER SUPPLY SYSTEMS**

The report presents a well-known problem of a number of water utilities in Poland. The problem is decision-based and concerns a software to be chosen for water pipe network modelling. The choice is important as the software would be the key tool supporting the networks' management. The report points out a concept showing how to solve the problem using one of the optimizing methods and listing basic criteria on which the decision is to be made. The solution is useful for modellers, architects and others interested in economic aspect of the decision.

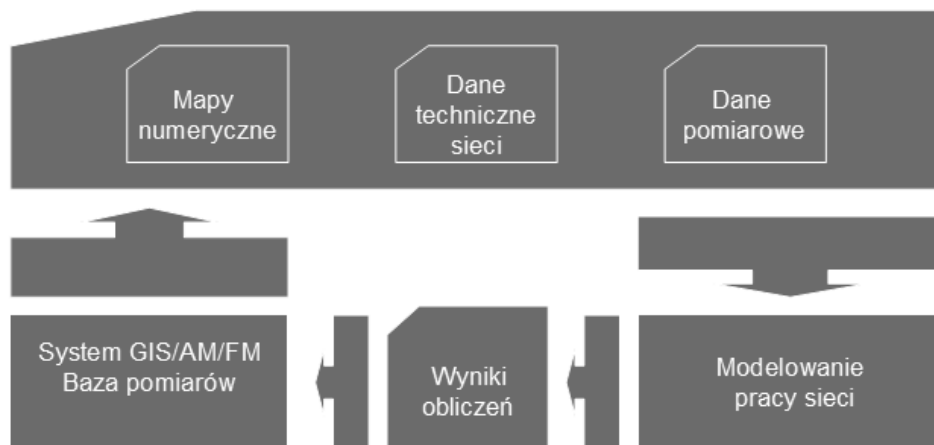
1. Wprowadzenie

Aktualnie podejmuje się wiele prac związanych z modelowaniem wszelkiego rodzaju infrastruktury sieciowej. W wielu miastach : małych i dużych, tworzone są modele hydrauliczne sieci wodociągowych, które mają stanowić narzędzie umożliwiające rozwiązanie wielu problemów dręczących miejskie przedsiębiorstwa wodociągów i kanalizacji. Związane jest to głównie z usprawnieniem procesów analizy, eksploatacji i modernizacji sieci wodociągowych.

2. Modelowanie sieci wodociągowych

Model to fragmentaryczne odzwierciedlenie rzeczywistości. W przypadku modelowania sieci wodociągowych, polega to na stworzeniu jak najdokładniejszego modelu istniejącej sieci wodociągowej i wprowadzenie do niej danych, jeśli to możliwe z istniejącej bazy GIS, aby możliwa była do wykonania kalibracja z danymi pomiarowymi. Na

podstawie opracowanego modelu można wykonać szereg obliczeń, które przedstawiają aktualne zdarzenia zachodzące na sieci oraz umożliwiają symulację pracy układu w określonych warunkach, np. awarii urządzeń, remontów czy wyłączenia z pracy odcinków przewodów (rys.1). Zadania takie możliwe są do zaimplementowania przez program komputerowy, zarówno dla układów istniejących jak i nowoprojektowanych. Jest to jedna z wielu zalet komputerowego modelowania. Dzięki wykonywanym symulacjom, w oparciu o spodziewane warunki w przyszłości, jesteśmy w stanie wykryć miejsca nieprawidłowo zaprojektowane [1].



Rys.1. Proces modelowania sieci wodociągowej [2]

Fig. 1. Process of water pipe network modelling [2]

Modelowanie hydrauliczne pozwala na określenie parametrów transportowanego medium. Dzięki temu jesteśmy w stanie dokonać analizy i oceny stanu sieci i określić w jakim stopniu układ rozpraszający wodę spełnia swoją funkcję. Istotnym jest fakt, że modelowanie sieci wodociągowej wiąże się z koniecznością opisu układu rozproszonego przestrzennie. Zastosowane oprogramowanie winno mieć możliwość przedstawienia majątku przedsiębiorstwa na mapie i przeprowadzenie analiz jego cech przestrzennych oraz innych parametrów technicznych. Dzięki temu program komputerowy staje się zarówno dla projektanta jak i inżyniera narzędziem pozwalającym zaplanować działania, które nie wywołują żadnych strat materialnych, a stają się jedynie pomocą w opracowaniu strategii postępowania w sytuacji wystąpienia niebezpiecznych wydarzeń zasymulowanych w układzie.

3. Problemy modelowania dużych sieci wodociągowych

Podstawowe problemy związane z zarządzaniem sieciami wodociągowymi można zakwalifikować do kilku grup tematycznych: eksploatacyjne, administracyjne i jakościowe.

Problemy eksploatacyjne to przede wszystkim znaczne ograniczenia zużycia wody. Powodują one drastyczne zmniejszenie przepływów wody w niektórych odcinkach sieci wodociągowych. Szczególne sytuacje występują w sezonie letnim, gdy większość użytkowników jest na wakacjach poza miastem. Wówczas bardzo często pojawiają się również problemy ze złą jakością wody, czy wtórnym zanieczyszczeniem wody. Wskutek zmian klimatu może wystąpić podwyższenie średniej temperatury rocznej. Jak podaje Prezes Zarządu WPWIK w m. st. Warszawie S.A., w niektórych odcinkach sieci występuje podwyższenie temperatury wody do nawet 20-22 °C. [3]

Możliwość zebrania wszystkich danych, w postaci elektronicznej bazy GIS, ich usystematyzowanie, łatwy dostęp i możliwość ich ponownego przetwarzania – korekty danych, stanowią główną funkcjonalność modelowania przy użyciu programów komputerowych. W tym miejscu pojawiają się problemy z brakiem danych w postaci elektronicznej, wiele przedsiębiorstw nie archiwizuje wielu informacji o pracy systemu dystrybucji wody. Dla wielkich przedsiębiorstw stanowi to wyzwanie integracji, wielu działów dotąd ze sobą nie współpracujących.

Wyżej wymienione problemy nie wyczerpują złożoności całego tego zagadnienia, mają jedynie na celu zaznaczenie jak ważna jest ich znajomość i świadomość konieczności zmian u pracowników danego przedsiębiorstwa.

Wykorzystanie oprogramowania do modelowania i symulacji sieci wodociągowych sprowadza się do :

- wykonywania analiz i poznania właściwości istniejącego stanu urządzeń i zdolnościach dostawczych całości układu, wykrycia rezerw, lokalizacji miejsc przeciążonych,
- wykrycia rurociągów o dużej oporności hydraulicznej,
- określenia zasięgu oddziaływania poszczególnych źródeł zasilania,
- symulacji wielu wariantów, która pomagają w podjęciu trafnych decyzji tj. modernizacji danego układu lub jego fragmentu,
- ustalenia lepszych sposobów eksploatacji sieci, uzyskania oszczędności energii,
- wyznaczenia zdolności układu do zapewnienia ciśnienia gospodarczego szczególnie w czasie modernizacji lub rozbudowy,
- wskazania przewodów limitujących zakres zmian wartości ciśnienia w sieci,
- podejmowania decyzji o zamknięciu lub otwarciu zasuw i przepustnic,
- analizy konieczności budowy lub modernizacji wieży ciśnień, pompowni lub ich likwidacji,
- ustalenia oceny efektów, sposobów strefowania i pracy elementów układów wodociągowych,
- podejmowania decyzji o sposobach dostawy wody w czasie usuwania awarii,
- ustalenia przewodów, które kwalifikują się do renowacji lub wymiany. [1]

4. Metody rozwiązania problemu

4.1. Definicja problemu decyzyjnego

Problem wyboru oprogramowania do modelowania i symulacji sieci wodociągowej wymaga uwzględnienia wielu kryteriów oceny, ma zatem charakter wielokryterialny.

Stan aktualny : Wiele przedsiębiorstw WOD-KAN, zaczyna w Polsce tworzyć modele hydrauliczne istniejącej sieci wodociągowej. Ponieważ wiele z tych przedsiębiorstw nie posiada doświadczeń w tej dziedzinie, problem wyboru najlepszego narzędzia - którym jest program komputerowy, jest podstawowym zagadnieniem na etapie prac nad wdrożeniem modelu sieci wodociągowej.

Problem decyzyjny: Ocena (ranking) oprogramowania do modelowania sieci wodociągowej.

Warto jednak wspomnieć, że poza merytorycznymi aspektami komputerowego modelowania istnieje również kilka czynników, bez których zdobyte doświadczenie czy wartość użytkowa danego oprogramowania, nie są w stanie zapewnić sukcesu i powodzenia w pracach inżynierskich. Mowa tu głównie o uwarunkowaniach wynikających z wdrożenia systemu informatycznego w danym przedsiębiorstwie wodociągowym lub innym zakładzie. Warto jednak pamiętać, że w świetle danych zebranych przez U.Esser'a i A.Kramera o powodzeniu wdrożeń zintegrowanego systemu informatycznego, decydują również inne czynniki które możemy przedstawić w postaci czterech grup:

- Pracownicy -30%
- Technologia -23%
- Organizacja -19%
- Kultura -17%.

Biorąc pod uwagę powyższe czynniki należy z pewnością stwierdzić, że powodzenie wdrożenia systemu do modelowania sieci wodociągowej nie jest prostym procesem. Sukces wdrożeniowy uzyskuje się w przypadku stworzenia zespołu wielu ekspertów łączących wiele dziedzin nauki, dzięki któremu możliwe jest poprawne wykonanie poszczególnych prac związanych z modelowaniem.

4.2. Proces rozwiązania- metoda AHP

Ze względu na sposób agregacji globalnych preferencji decydenta, możliwe jest wykorzystanie dwóch grup metod wielokryterialnej optymalizacji. Jedna z nich oparta jest o tzw. funkcję użyteczności, druga zaś o tzw. relację przewyższania (do niej zaliczana jest, np. metoda Electre III). Dla problemu jaki został zdefiniowany w referacie zastosowano metodę AHP, należącą do pierwszej grupy metod, nazywaną Analitycznym Procesem Hierarchicznym. Chcąc krótko przybliżyć ideę metody jej twórca Tomas Saaty, przyrównywał ją do sytuacji, w której mając wiele różnorodnych wariantów do wyboru, zawsze należy porównać dwa poszczególne warianty ze sobą i następnie kolejne z wybranych, dochodząc ostatecznie do jednego wariantu optymalnego.

Metoda ta składa się z czterech głównych etapów :

- a. Hierarchizacja problemu decyzyjnego.
- b. Określenie ważności kryteriów.
- c. Wyrażenie preferencji względem wariantów.
- d. Wyznaczenie uogólnionej miary (podstawa podejmowania decyzji) [4].

5. Zastosowanie metody AHP

5.1. Opis problemu decyzyjnego

Dla danego problemu decyzyjnego wykorzystano przykładowy jeden model sieci wodociągowej o ilości przewodów ok. 1500. Kolejne kroki wykonywane w metodzie AHP, wykorzystują dane preferencje decydenta, którym jest użytkownik programu, zwany również modelarzem. Informacje o produktach, jakimi są poszczególne rozwiązania informatyczne, zostały zaczerpnięte od producentów. Wybrane zostały również takie programy, aby uwzględniona mogła być nieporównywalność wariantów i aby w lepszy sposób można zaobserwować wpływ preferencji danego użytkownika na otrzymywane wyniki. Obliczenia mogą być wykonywane w różnorodny sposób. Przy użyciu komercyjnych programów, tj. Export Choice lub za pomocą własnych zdefiniowanych formuł w arkuszu kalkulacyjnym Excel.

Zdefiniowano następujący zbiór wariantów:

- Program A: WaterCAD
- Program B: MikeUrban
- Program C: Aquis
- Program D: Epanet

5.2. Kryteria oceny

Poniższe kryteria, zostały zdefiniowane w oparciu o doświadczenie ze względu na jakość modelowania sieci wodociągowych. Zostały uwzględnione również nie związane z aplikacją czynniki, które w znacznym stopniu decydują o wyborze danego oprogramowania. Każde z kryteriów jest funkcją w optymalizacji, którą maksymalizujemy lub minimalizujemy. Zatem dla tego przykładu, wszystkie kryteria poza 3 i 7 zostały maksymalizowane.

1. Doświadczenie na polskim rynku, (liczba wdrożonych modeli w Polsce).
2. Narzędzia dodatkowe (tj. narzędzia do upraszczania modelu, kalibracji).
3. Wymagania techniczne (dotyczy sprzętu komputerowego).
4. Liczba modułów (H-hydrauliczny, J-jakościowy, D-dynamiczny).
5. Import danych (liczba obsługiwanych formatów).
6. Nauka oprogramowania (przyjazny interfejs, przewodnik, krótkie ćwiczenia).
7. Koszt oprogramowania.
8. Liczba dostępnych języków.

5.3. Macierz ocen

Proces ten powinien polegać na stworzeniu tabeli i wprowadzeniu danych, odpowiednio dla każdego kryterium, względem innego. Poprzez porównanie parami określamy relatywną dominację jednego kryterium nad drugim. Dominacja określona jest za pomocą wartości liczbowych, w których 1- oznacza brak dominacji, 3-umiarkowaną, 5-silną, 7- bardzo silną, aż do 10 oznaczającej dominację absolutną.

Tab. 1. Przykładowa tabela przedstawiająca model preferencji

Tab. 1. Table example of preference model

	Doświadczenie na rynku	Dodatkowe elementy	Wymagania sprzętowe	Ilość modułów	Import danych	Obsługa programu	Koszt programu	Ilość języków
Doświadczenie na rynku	1	3	1	1/4	1/5	1/3	1/3	3
Dodatkowe elementy	1/3	1	1/3	1/6	1/7	1/5	1/5	1
Wymagania sprzętowe	1	3	1	1/4	1/5	1/3	1/3	3
Ilość modułów	4	6	4	1	1/2	2	2	6
Import danych	5	7	5	2	1	3	3	7
Obsługa programu	3	5	3	1/2	1/3	1	1	5
Koszt programu	3	5	3	1/2	1/3	1	1	5
Ilość języków	1/3	1	1/3	1/6	1/7	1/5	1/5	1

Kolejnym etapem często spotykanym w badaniach optymalizacyjnych, jest drzewo czynników poszczególnych kryteriów. W tabeli przedstawionej poniżej, preferencje decydenta były w największym stopniu ukierunkowane na możliwość importu największej ilości danych, jako najważniejsze kryterium, na podstawie którego będzie podejmowana decyzja. Kolejne relacje między pozostałymi kryteriami, to wartości liczbowe wag każdego z zdefiniowanych kryteriów.

Tab. 2. Tabela przyjętych wartości wag poszczególnych kryteriów.

Tab. 2. Table of weight values for specified criteria.

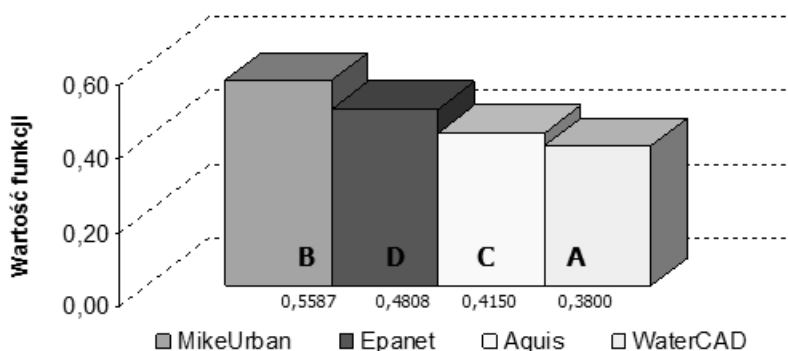
Kryterium	Waga
Doświadczenie na rynku	0,0620
Dodatkowe elementy	0,0289
Wymaganie sprzętowe	0,0620
Ilość modułów	0,2170
Import danych	0,3193
Obsługa programu	0,1410
Koszt programu	0,1410
Ilość języków	0,0289

5.4. Uzyskane rozwiązanie

Wyniki jakie uzyskano metodą AHP przedstawia się najczęściej w postaci wykresów słupkowych, dzięki którym można jasno określić, który wariant otrzymał najwyższą wartość funkcji użyteczności oraz jakie jest uszeregowanie pozostałych wariantów.

Na podstawie otrzymanego wykresu można stwierdzić, że najlepszym wariantem ze względu na przyjęte kryteria, jest program B. Drugim programem jest program D, który jest programem darmowym. Warto zaznaczyć, że przy wyborze oprogramowania, kryterium kosztowe, nie może być decydujące.

Analiza i interpretacja wyników jest jedną z kluczowych kwestii, których poprawność gwarantuje prawidłowy wybór. Metoda AHP bazuje na funkcji użyteczności, którą decydent uściśla w trakcie kolejnych etapów optymalizacji.



Rys.2. Uporządkowanie poszczególnych wariantów według wartości funkcji użyteczności

Fig. 2. Variants' final ranking respect to the values of utility function

6. Podsumowanie

Przedstawiony w referacie przykład, miał na celu udowodnienie, że decyzja wyboru najlepszego oprogramowania do modelowania sieci wodociągowych wcale nie jest prostą decyzją. Składa się na nią wiele różnorodnych kryteriów, które nie zawsze są spójne ze sobą i przedstawiają różne spojrzenia wielu osób podejmujących, tego typu decyzje.

Przedstawiona zaś jedna z możliwych metod optymalizacji stanowi dobry punkt odniesienia, do podjęcia konkretnych działań, w celu wspomaganie podejmowania decyzji. Zastosowanie jednej z wielokryterialnych metod w branży wodociągowej może przynieść wymierne skutki, w postaci poprawy efektywności zarządzania siecią wodociagową.

Podejmowane w ten sposób szybsze i skuteczniejsze decyzje, mogą wykorzystywać doświadczenia eksploatacyjne oraz w większym stopniu spełniać oczekiwania wobec programu do modelowania sieci wodociągowej.

Bibliografia

- [1] Klawczyńska Alicja. *Analiza walorów użytkowych programu Heasted WaterCAD*. Praca magisterska, Politechnika Poznańska 2006.
- [2] Grzenda Maciej. *Optymalizacja pracy sieci wodociągowej z wykorzystaniem systemu modelowania i systemu GIS*, 8 Maja 2007, Warszawa.
- [3] Janusz Wróblewski *Rozmowa z Arturem Rypiną Prezesem Zarządu MPWiK w m.st. Warszawie S.A.*, INSTAL (279) wydanie specjalne, Warszawa 2008.
- [4] Piotr Sawicki. *Metody wielokryterialnego podejmowania decyzji. Metoda AHP*. Prezentacja multimedialna Wydział Maszyn Roboczych i Transportu, Politechnika Poznańska. <http://www.put.poznan.pl/~piotrs/Dydaktyka/Mrpd/Mrpd.html#Wyklady>