

Wykorzystanie technologii informatycznych do wspomagania działań inżynierskich

Dr hab. inż. Janusz Szelka, prof. uczelni, Uniwersytet Zielonogórski

1. Wprowadzenie

Budowa większości obiektów inżynierskich, jak również odbudowa obiektów zniszczonych, czy uszkodzonych stanowi bardzo trudne przedsięwzięcie, zarówno z punktu widzenia technicznego, jak i organizacyjnego. Ponadto dodatkowym utrudnieniem są często ograniczenia czasowe nałożone na realizację procesów decyzyjnych. Taka sytuacja wymusza konieczność ciągłych udoskonaleń w zakresie planowania, projektowania oraz organizacji budowy (odbudowy) obiektów inżynierskich. Skuteczność działań w tych obszarach uwarunkowana jest zarówno wiedzą i doświadczeniem decydentów czy wykonawców, jak i możliwościami ich systemowego wspomagania.

Złożoność przedsięwzięć inżynierskich w zakresie analiz, projektowania czy organizacji sprawia, że kwestii ich racjonalności nie sposób rozpatrywać w oderwaniu od metod, technik i narzędzi wspomagających te przedsięwzięcia. Jednak znaczna różnorodność problemów inżynierskich z jednej strony, a z drugiej – rozbudowana oferta technologii, które można wykorzystywać do ich wspomagania powodują, że właściwy dobór rozwiązań informatycznych staje się dla inżyniera-decydenta niełatwym, wieloaspektowym problemem. Decydent powinien zatem mieć świadomość, że choć potencjalnie może wykorzystać jedno z kilku dostępnych rozwiązań

informatycznych do wspomagania tego samego problemu, to końcowy efekt przedsięwzięcia (np. wynik analizy) w każdym przypadku może być inny.

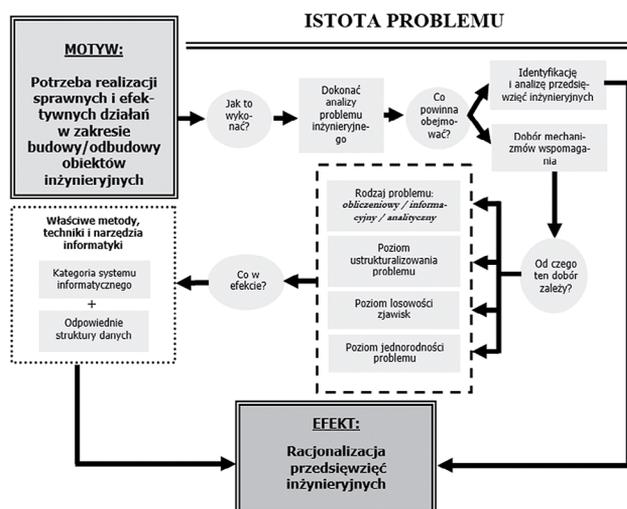
Problem doboru właściwych rozwiązań informatycznych staje się szczególnie istotny w sytuacjach nietypowych, obciążonych dodatkowymi uwarunkowaniami i ograniczeniami. Zmiana specyfiki problemu, kompletności, czy charakteru dostępnych danych może w istotny sposób wpłynąć na zakres dopuszczalnych rozwiązań informatycznych, a w konsekwencji, na wybór rozwiązania racjonalnego [1].

Istotę rozpatrywanego problemu przedstawiono na rysunku 1.

2. Istota racjonalizacji przedsięwzięć inżynierskich

Różnorodność kategorii problemów inżynierskich nie wynika wyłącznie z różnorodności obszarów przedsięwzięć, takich jak: analiza, projektowanie, organizacja, realizacja czy kontrolowanie. Jest zdeterminowana przede wszystkim znaczną rozpiętością uwarunkowań w zakresie dostępności i kompletności danych, losowości zjawisk czy wreszcie poziomu ustrukturyzowania problemu. W ramach jednego, złożonego przedsięwzięcia inżynierskiego (np. doboru konstrukcji przęsłowej mostu tymczasowego) inżynier-decydent będzie zmuszony do rozwiązywania zarówno problemów o dobrze rozpoznanej strukturze, jak i słabo ustrukturyzowanych, a przy tym, w kolejnych etapach tego przedsięwzięcia może mieć do czynienia z różnym poziomem kompletności, pewności oraz terminowości dostępnych informacji. Różne będą w związku z tym jego możliwości w zakresie przekształcania docierających do niego danych w informację, a w konsekwencji – w wiedzę rozumianą jako ogół wiarygodnych informacji wraz z umiejętnością ich wykorzystania.

Rozwiązanie sytuacji problemowej dla przedsięwzięć inżynierskich powstaje jako wynik analizy różnych czynników, takich jak np.: potrzeby w zakresie użytkowania obiektu, zasoby materiałów lokalnych czy wielkość potencjałów różnych kategorii (ludzkich, sprzętowych), możliwych do użycia przy budowie/odbudowie obiektu. Uwzględnić należy nie tylko wpływ każdego z czynników na obszar rozwiązań dopuszczalnych, ale także wzajemne powiązania między poszczególnymi czynnikami.



Rys. 1. Dobór rozwiązań informatycznych do wspomagania przedsięwzięć inżynierskich

Rys. 2. Złożoność problemu inżynierskiego rozpatrywana przy wyborze rozwiązań obiektu mostowego

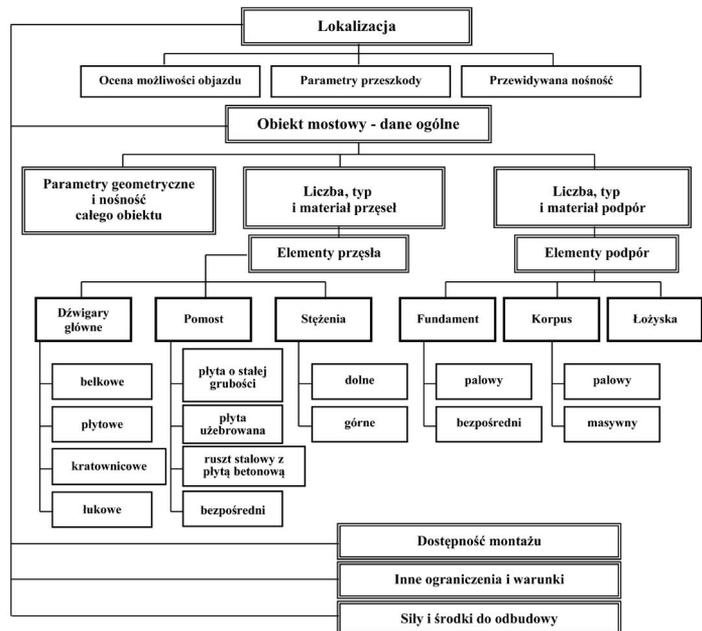
Przykładowo, poszukując racjonalnych rozwiązań w przypadku projektowania mostu tymczasowego w sytuacji kryzysowej (np. popowodziowej), można posługiwać się typologią tych mostów oraz rozwiązaniami konstrukcyjnymi i technologiczno-organizacyjnymi (rys. 2).

Jako stałą możemy przyjąć tylko wymaganą nośność mostu, natomiast zmienne w czasie będą parametry przeszkody wodnej, a tym samym różne możliwości objazdu. Z kolei, wraz ze zmianą tychże parametrów, będą się zmieniać: liczba i rodzaj podpór oraz liczba i rozpiętość przęseł mostu. Podobna sytuacja będzie związana z dostępnością placu montażowego (przy wykorzystywaniu konstrukcji składanych), co z kolei ma wpływ na organizację montażu konstrukcji przęsłowej oraz podpór mostu. Wymagać to będzie także doboru specjalnego sprzętu do budowy (np. na podwoziu gąsienicowym) ze względu na trudności związane z dojazdem do miejsca wykonywania prac mostowych. Każdy z tych czynników ma wpływ na przyjęcie właściwego (najlepiej racjonalnego) układu konstrukcyjnego obiektu oraz jego technologii i organizacji budowy, czyli zgodnie z zasadą teorii systemów „wszystko zależy od wszystkiego”.

3. Wykorzystanie autonomicznych narzędzi informatycznych do wspomagania przedsięwzięć inżynierskich

Problematyka doboru narzędzi informatycznych odpowiednich do kategorii problemu inżynierskiego należy do zagadnień często poruszanych w literaturze przedmiotu [1]. Znaczna różnorodność kategorii problemów wymusza stosowanie do ich wspomagania zróżnicowanych technologii informatycznych.

Do najczęściej wykorzystywanych w przedsięwzięciach inżynierskich należą aplikacje algorytmiczne, umożliwiające wspomaganie problemów obliczeniowych, ewidencyjnych oraz analityczno-decyzyjnych, pod warunkiem, że struktura problemu jest dobrze rozpoznana. Na uwagę zasługują w tym przypadku zwłaszcza technologie baz danych, których zakres zastosowań (uwzględniając ich różne odmiany) jest w obszarze przedsięwzięć inżynierskich naprawdę znaczący. Poczynając od wspomagania problemów o charakterze ewidencyjnym (katalogi rozwiązań konstrukcyjnych, katalogi sprzętu inżynierskiego itp.), poprzez wspomaganie działań analitycznych, realizowane przy użyciu wielowymiarowych baz danych (złożone analizy parametrów montażu obiektów mostowych przy uwzględnianiu różnych kryteriów), a skończywszy na wyspecjalizowanych technologiach baz danych. Za szczególnie istotne rozwiązanie w zakresie technologii baz danych w kontekście hybrydowości problemów



inżynierskich należy uznać mechanizmy hurtowni danych oraz tzw. aktywnych baz danych [2].

Struktury baz danych są z powodzeniem wykorzystywane również w systemach informatycznych, wspomagających decyzje o charakterze optymalizacyjnym lub symulacyjnym w obszarze działań inżynierskich. Systemy tego typu, określane mianem DSS (ang. *Decision Support Systems*) charakteryzują się możliwościami integrowania różnorodnych struktur danych (operacyjnych lub analitycznych) z modelami prognostycznymi, optymalizacyjnymi czy symulacyjnymi, wykorzystywanymi w procesach decyzyjnych.

Rola opisanych wyżej technologii informatycznych ogranicza się jednak do wspomagania sytuacji problemowych o dobrze rozpoznanej strukturze. Z kolei problemy słabo ustrukturyzowane mogą być wspomagane przez różne narzędzia z zakresu sztucznej inteligencji, w praktyce inżynierskiej reprezentowane przez systemy eksperckie (SE) oraz systemy sztucznych sieci neuronowych (SSN).

Systemy eksperckie można wykorzystać do wspomagania przedsięwzięć inżynierskich np. w zakresie doboru konstrukcji i organizacji budowy podpór, doboru konstrukcji przęsłowej czy klasyfikacji obiektu mostowego na podstawie jego stanu. Systemy te jednak nie są zdolne do wypracowywania konkluzji w przypadkach, w których zapisana w systemie wiedza jest niekompletna [3].

Do wspomagania problemów, dla których nie określono rozwiązań w bazie wiedzy, właściwym narzędziem okazują się systemy sztucznych sieci neuronowych.

W obszarze przedsięwzięć inżynierskich wykorzystuje się je m.in. do diagnozowania stanu obiektu (np. mostu), klasyfikacji obiektów, czy prognozowania stanu obiektu.

Możliwości wykorzystania opisanych wyżej technologii mogą jednak zostać znacząco ograniczone w przypadku konieczności wspomagania problemów złożonych, wieloetapowych, a przy tym niejednorodnych.

Tabela 1. Przykład wieloetapowego przedsięwzięcia inżynierskiego

Nr etapu	Działanie	Dane wejściowe etapu	Rezultat etapu
1	Ocena stanu obiektu inżynierskiego	wymagania dotyczące obiektu	ocena stanu: dobry, częściowo uszkodzony, całkowicie zniszczony
2	Dobór wariantu odbudowy (dla obiektu częściowo uszkodzonego)	m.in. ocena stanu	wybór wariantu racjonalnego
3	Organizacja budowy (m.in. wyznaczenie harmonogramu czynności)	(dla harmonogramu) – m.in. nazwy czynności, czasy trwania	model przebiegu działań ujętych w planie
4	Monitorowanie stanu obiektu	parametry obiektu po odbudowie	bieżący stan obiektu
5	Prognozowanie stanu obiektu w wybranym momencie (przedziale) czasu	m.in. bieżący stan obiektu	przewidywany stan obiektu

Rozpatrując np. problem konieczności oceny stanu mostu po powodzi i podjęcia dalszych działań w celu przywrócenia komunikacji przez przeszkodę wodną, można wydzielić w nim kilka etapów, które zestawiono w tabeli 1.

Informatycznego wspomaganie tak określonego problemu można dokonać, wykorzystując kilka autonomicznych aplikacji informatycznych.

Dla przykładu, zadania etapu I można zrealizować, wykorzystując sztuczną sieć neuronową (np. Neuronix). Przedsięwzięcia etapu II można wspomagać przy użyciu dedykowanego systemu eksperckiego lub systemu szkieletowego (np. PC Shell) z dołączoną dziedzinową bazą wiedzy z zakresu doboru wariantów odbudowy mostów. Rozwiązaniem alternatywnym może być wykorzystanie systemu aktywnych baz danych. Wspomaganie etapu III można realizować, wykorzystując algorytmiczną aplikację (np. Harmonogram), a monitorowanie stanu obiektu (zadanie z zakresu klasyfikacji), podobnie jak zadanie etapu V, powierzyć systemowi SSN. Prognozowanie można także zrealizować przy użyciu systemu prognostycznego, korzystającego z mechanizmu SSN (np. Predyktor). Istotnym problemem, który pojawia się przy takim podejściu, jest konieczność zachowania ciągłości łańcucha informacyjnego. Oznacza to, że wynikowy produkt informacyjny etapu poprzedniego reprezentuje jednocześnie dane wymagane do zainicjowania etapu następnego. Ze względu na zróżnicowany charakter narzędzi informatycznych, używanych do wspomaganie poszczególnych etapów, postaci informacji wynikowych są również zróżnicowane, co oznacza, że mogą nie być (i jest to często obserwowana prawidłowość) akceptowane przez pozostałe aplikacje. Nie do pominięcia jest przy tym problem nie tylko konieczności dysponowania wieloma złożonymi technicznie narzędziami, ale także umiejętności ich użytkowania.

4. Możliwości wykorzystania systemów hybrydowych do wspomaganie przedsięwzięć inżynierskich

Idea wykorzystania różnorodnych narzędzi informatycznych do wspomaganie złożonych przedsięwzięć inżynierskich, nawet uwzględniając dużą dostępność tych narzędzi, wydaje się być obciążona wieloma niedogodnościami i zazwyczaj

nie można takiego rozwiązania uznać za racjonalne. Podstawowym problemem jest brak zgodności w zakresie struktur lub (oraz) formatów danych wejściowych – i związany z tym brak (lub znaczne ograniczenie) możliwości wymiany danych pomiędzy poszczególnymi aplikacjami.

Narzędziami informatycznymi, które można zaproponować w powyższej sytuacji, są systemy zintegrowane, określane mianem hybrydowych (rys. 3).

Integracja narzędzi informatycznych, dokonywana zarówno w kontekście informacyjnym, jak i funkcjonalnym może być realizowana w różnym zakresie i dotyczyć różnych technologii [4]. W najprostszych przypadkach można mówić wyłącznie o integracji narzędzi algorytmicznych, obejmującej różne kategorie baz danych (transakcyjne, analityczne, aktywne). Jednak już wówczas uzyskuje się pożądany efekt, polegający na spójności struktur i formatów danych oraz integralności funkcjonalnej [5]. Podobną prawidłowość można wskazać dla problemów o źle rozpoznanej strukturze. Tworzenie zintegrowanych aplikacji obejmujących współdziałanie SE oraz SSN jest w stanie zapewnić ciągłość wspomaganie złożonego, źle ustrukturyzowanego problemu, w którym zadania składowe (w zależności od rodzaju problemu) dzielone są pomiędzy odpowiednie moduły [6]. Przykładowo:

- system ekspercki może pobierać dane wypracowane przez sieć neuronową i dokonywać ich rozszerzonej interpretacji (w oparciu o wiedzę ekspertów),
 - system ekspercki może być używany do uczenia sieci neuronowej, poprzez przygotowywanie danych uczących dla SN,
 - sieć neuronowa może wstępnie przetwarzać dane wejściowe dla systemu eksperckiego (np. dane z aparatury pomiarowej w systemie monitorowania obiektu mostowego) na postać bardziej dogodną do dalszego przetwarzania.
- Za najkorzystniejszy wariant organizacji systemów zintegrowanych i jednocześnie najtrudniejszy w realizacji należy uznać systemy hybrydowe, umożliwiające integrowanie problemów algorytmicznych z zadaniami o charakterze heurystycznym.

Niezwykle istotną cechą takich systemów jest możliwość definiowania przez użytkownika (inżyniera-decydenta) sekwencji przedsięwzięć do realizacji, które określa się mianem scenariuszy działań. Wszystkie niezbędne do rozwiązania problemu źródła danych (w postaci fragmentów arkuszy



Rys. 3. Istota integracji narzędzi informatycznych wspomagających przedsięwzięcia inżynierskie

kalkulacyjnych czy baz danych) gromadzone są w tzw. banku danych systemu. Do banku tego trafiają również efekty realizacji konkretnej fazy scenariusza (np. przy użyciu systemu eksperckiego). Rezultat taki, podobnie jak pozostałe informacje znajdujące się w banku danych, może być wykorzystany jako źródło danych kolejnego etapu zdefiniowanego w scenariuszu. Jako przykład tego typu systemu można wskazać aplikację HybRex, akceptującą dane źródłowe nie tylko w postaci struktur tablicowych (np. MS Excel) czy relacyjnych (np. MS Access), ale także dziedzinowe bazy wiedzy (zbiory reguł decyzyjnych).

Wykazując zasadność wykorzystania systemów hybrydowych w procesach wspomagania przedsięwzięć inżynierskich, warto odwołać się do rozwiązań informatycznych, funkcjonujących w tym zakresie w innych obszarach szeroko rozumianego zarządzania. Problem niejednorodności złożonych problemów analityczno-decyzyjnych jest na tyle powszechny zwłaszcza w przedsięwzięciach „biznesowych”, że wymusił opracowanie nowych, tzw. inteligentnych systemów hybrydowych do ich wspomagania [7]. Do rozwiązań takich należą aplikacje klasy Business Intelligence (BI), integrujące w swoich strukturach różnorodne narzędzia, zarówno o charakterze algorytmicznym, jak i heurystycznym. Przykładem tego typu systemu może być Aitech DSS, określane mianem inteligentnego systemu wspomagania decyzji (Intelligent DSS). Oprócz możliwości realizacji różnorodnych analiz (w tym analiz porównawczych oraz wielowymiarowych), oferuje zaawansowane opcje prognozowania (w tym realizowanego w oparciu o struktury sieci neuronowej). Wypracowane w wyniku analiz czy prognoz dane (zarówno ilościowe, jak i jakościowe)

mogą być uzupełnione ich interpretacją, dokonywaną przez system ekspercki w postaci słownych komentarzy, popartych obszernymi wyjaśnieniami (generowanymi na podstawie zawartości bazy wiedzy).

5. Podsumowanie

Problem racjonalizacji przedsięwzięć inżynierskich może być rozpatrywany w różnych aspektach. Poziom uzyskiwanej efektywności oraz skuteczności działań jest zazwyczaj wypadkową wielu czynników. Wydaje się, że ze względu na znaczny stopień skomplikowania większości problemów (zwłaszcza decyzyjnych) zasadne jest wykorzystywanie podejścia systemowego. Natomiast niski poziom ustrukturalizowania części problemów wymusza stosowanie metod heurystycznych. Racjonalizacja przedsięwzięć inżynierskich nie obejmuje jednak wyłącznie sposobu podejścia do problemu, czy też scenariuszy postępowania (sekwencji działań), jakie można zawrzeć w modelu racjonalizacji określonej kategorii przedsięwzięć (np. budowy mostów). Jednym z jej warunków jest także dobór odpowiednich mechanizmów informatycznego wspomaganie działań. Ciągły postęp w zakresie metod i narzędzi informatycznych, a przy tym coraz większa dostępność rozwiązań, uznawanych do niedawna za nowatorskie, nakazuje sukcesywne weryfikowanie dotychczasowego podejścia w zakresie przydatności poszczególnych kategorii systemów informatycznych do wspomaganie określonych typów przedsięwzięć. Racjonalny wybór rozwiązań informatycznych powinien być poprzedzony dogłębną analizą charakteru problemu, określeniem postaci wymaganych zasobów informacyjnych oraz ich źródeł. Nie bez znaczenia jest także poziom jednorodności problemu oraz jego złożoność. Każdy z tych czynników może w istotny sposób wpływać na zakres możliwych do wykorzystania technologii informatycznych a nawet determinować rozwiązanie racjonalne. Najczęściej jednak problem doboru właściwego rozwiązania informatycznego polega na konieczności jednoczesnego uwzględnienia wielu czynników, a hierarchię ich ważności należy każdorazowo dobierać w odniesieniu do specyfiki problemu inżynierskiego.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Szelka J., Wrona Z., Racjonalizacja przedsięwzięć inżynierskich z wykorzystaniem technologii informatycznych, Pięćdziesiąta Piąta Konferencja Naukowa KILiW PAN i KN PZITB Krynica 2009
- [2] Szelka J., Wrona Z., Wykorzystanie systemów aktywnych baz danych do wspomaganie przedsięwzięć inżynierskich. Pięćdziesiąta Szósta Konferencja Naukowa KILiW PAN i KN PZITB Krynica 2010
- [3] Kwiatkowska A., Systemy wspomaganie decyzji, PWN, Warszawa, 2007
- [4] Januszewski A., Funkcjonalność informatycznych systemów zarządzania, tom 1 i 2, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2008
- [5] Beynon-Davies P., Systemy baz danych, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2004
- [6] Inteligentne systemy wspomaganie decyzji, red. Sroka H., Wolny W., Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice, 2009
- [7] Szelka J., Wrona Z., Informatyczne wspomaganie procesów informacyjno-decyzyjnych w budownictwie komunikacyjnym, PAN, Warszawa, 2015