

WPROWADZENIE

Anna Sobotka¹, Elżbieta Radziszewska-Zielina²

Jest to trzecia monografia zawierająca wyniki prac naukowych z zakresu technologii i zarządzania w budownictwie, zredagowana w ramach prac Sekcji Inżynieria Przedsięwzięć Budowlanych Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej Polskiej Akademii Nauk. Obejmuje ona zagadnienia naukowe i wyniki badań realizowane w ramach prac doktorskich i habilitacyjnych. Zakres prezentowanych problemów jest szeroki zgodny z zakresem zainteresowań tej wielotematycznej specjalności budownictwa jaką jest inżynieria przedsięwzięć budowlanych i obejmuje zagadnienia całego cyklu życia obiektu budowlanego. W monografii jest prezentowane podejście zgodne z aktualnymi trendami w koncepcjach społecznych (m.in. „zrównoważonego rozwoju”), wskazujące na celowość i konieczność całościowego lub w poszczególnych etapach badania różnych zagadnień występujących w cyklu życia obiektu budowlanego, począwszy od badań rynku budowlanego, poprzez przygotowanie i planowanie, wykonywanie robót budowlanych, eksploatację obiektów, w tym ich remonty i modernizacje, a także „wycofanie produktu” tj. rozbiórkę obiektów i zagospodarowanie odpadów (zgodnie z ideą zwrotnych łańcuchów dostaw – logistyki zwrotnej). Występuje tu wiele problemów, do których rozwiązania nie wystarcza podstawowa wiedza, metody tradycyjne oraz też doświadczenie i intuicja inżyniera lub menedżera budowlanego. Rozwiązanie wielu z tych problemów wymaga podejścia naukowego wykorzystującego wiedzę interdyscyplinarną, opracowania rozwiązań wariantowych, wykorzystujących różnorodność rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych, bogatą ofertę producentów i dostawców wyrobów budowlanych, technologii, maszyn i urządzeń. A ocena i wybory rozwiązań powinna być dokonywana z uwzględnieniem wielu kryteriów natury ekonomicznej, socjalnej i środowiskowej.

¹Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, e-mail: sobotka@agh.edu.pl

²Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Lądowej, e-mail: eradzisz@izwbit.pk.edu.pl

Ze względu na charakter aplikacyjny prowadzonych badań i ich wyników, przydatność w praktyce inżynierskiej w budownictwie, zastosowane podejście w przedstawionych zagadnieniach w poszczególnych rozdziałach monografii można ująć według następującego schematu: opis podjętego problemu do rozwiązania z uzasadnieniem, przedstawienie modelu zagadnienia, wybór metody rozwiązania i prezentacja wyników oraz ich analiza w odniesieniu do konkretnego zastosowania w praktyce (tabela 1).

Wyjątkiem takiego układu jest treść rozdziału pierwszego, bardzo ważnego, przedstawiającego charakterystykę, zakres i trendy rozwojowe w inżynierii przedsięwzięć budowlanych. Wskazano wielowymiarowość i szeroki zakres jej zagadnień: od rozwiązań konstrukcyjnych, technologiczno-technicznych, ekonomicznych, metod podejmowania decyzji, po rozwiązania organizacyjne i sprawne zarządzanie. Przedsięwzięcie budowlane stanowiące główny przedmiot badań tej nauki, przedstawiono tu, jako zamknięty systemem technologiczno-organizacyjny. Cechą szczególną jest konieczność uwzględnienia podmiotów tworzących przedsięwzięcie. Zwrócono uwagę na dywersyfikację i ewolucję kryteriów innowacyjności w inżynierii przedsięwzięć budowlanych.

W rozdziale drugim przedstawiono zastosowanie modeli klasyfikacyjnych w badaniach wypadkowości w budownictwie. Autor rozdziału wykorzystał metody statystyczne, w tym klasyfikatory statystyczne, w postaci drzew decyzyjnych, oraz grupowanie pojęciowe, w postaci analizy skupień. Zaprezentowane badania w zakresie bezpieczeństwa prowadzenia robót budowlanych wykazały zależności przyczynowo-skutkowe i zagrożeń wypadkami. Otrzymane wyniki mogą być wykorzystane przez projektantów oraz kierowników budów i być pomocne w procesie decyzyjnym przy opracowywaniu działań, mających na celu poprawę bezpieczeństwa pracy w budownictwie oraz redukcję liczby wypadków.

W rozdziale trzecim przedstawiono wykorzystanie technologii BIM do opracowania modelu, pozwalającego na gromadzenie niezbędnych informacji o obiekcie budowlanym i jego elementach oraz ułatwiającego obliczenia przedmiarowe, do wnioskowania z przypadków w celu prognozowania kosztów robót budowlanych. Opracowano metodę wspomagania kalkulacji kosztów robót budowlanych w różnych fazach przedsięwzięcia budowlanego, opartą na rzeczywistych danych z już zrealizowanych przedsięwzięć budowlanych. Zastosowane podejście może być wykorzystane do wspomagania kalkulacji kosztorysowych w budownictwie.

Rozdział czwarty dotyczy wspomagania decyzji przetargowych wykonawców budowlanych z zastosowaniem metod matematycznych. Zaproponowano dwa modele matematyczne. Przedstawiony wielokryterialny model decyzyjny z zastosowaniem metody AHP może być pomocny do uszeregowania rozważanych przetargów przez wykonawcę budowlanego, pod kątem wzięcia w nich udziału. Z kolei zaproponowany model klasyfikacyjny oparty jest na dwóch alternatywnych podejściach. Pierwsze podejście bazuje na metodach statystycznych, analizie dyskryminacyjnej a drugie podejście na sztucznych sieciach neuronowych. W wyniku

zastosowania modelu klasyfikacyjnego możliwe jest podjęcie decyzji przez wykonawcę budowlanego o przystąpieniu do przetargu. Każdy rozważany przetarg jest klasyfikowany do klasy S – sukces (zalecenie udziału w przetargu) albo do klasy P – porażka (sugestia rezygnacji z udziału). Uzyskane wyniki świadczą o możliwości zastosowania obu modeli w praktyce i są zadowalające.

W rozdziale piątym przedstawiono zastosowanie modeli statystycznych do identyfikacji i analizy czynników ryzyka. Celem opracowania jest: wskazanie czynników, które generują zdarzenia niepożądane podczas realizacji robót wodociągowych i kanalizacyjnych, klasyfikacja tych zdarzeń pod względem częstości ich występowania, określenie siły ich oddziaływania na czas realizacji, koszt inwestycji oraz zakres robót. Podstawę analizy stanowią oceny i opinie ekspertów z analizowanej branży. Wyniki badań mogą być wykorzystane do podejmowania decyzji na etapach: identyfikacji źródeł ryzyka, określenia prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzeń niepożądanych, oceny wpływu tych zdarzeń na dotrzymanie planowanych terminów, kosztów wykonania inwestycji oraz zaawansowania w realizacji zrealizowanych robót. Są przydatne do wspomagania podejmowania decyzji w zakresie prawidłowego określenia tolerancji na ryzyko oraz doboru właściwej strategii reagowania na nie.

Rozdział szósty obejmuje zagadnienia związane z opóźnieniami terminu zakończenia budowy i możliwości ich przewidywania. Opisany tu model prognozy z wykorzystaniem sieci neuronowych do oceny planowanego czasu budowy i opóźnienia jej realizacji, został zastosowany do analizy kontraktów dotyczących budowy lub modernizacji dróg ekspresowych i autostrad w Polsce, w celu prognozowania opóźnienia terminu zakończenia tego typu inwestycji. Pokazano, w jaki sposób zamawiający budowę odcinka autostrady lub drogi ekspresowej mogą wykorzystywać prognozy terminu zakończenia budowy wykonane jeszcze przed rozpoczęciem robót. Podjęte decyzje mogą przyczynić się do zmniejszenia opóźnień w realizacji budowy odcinków dróg. Jest możliwe również wykorzystanie otrzymanych prognoz do podjęcia decyzji o wyborze wykonawcy i zarządzania realizacją budowy.

W rozdziale siódmym przedstawiono zastosowanie grafów sieciowych z wagami do projektowania łańcuchów dostaw mieszanki betonowej. Korzystając z diagramu Voronoi ustalono strefy zasięgu obsługi betonowni zlokalizowanych w Białymstoku. Przedstawiona koncepcja rozwiązania problemu zaopatrzenia budów w beton towarowy może być wykorzystana w praktyce do wyznaczenia czasu transportu mieszanki betonowej, monitorowania tras przejazdu betonowozów, znalezienia najkorzystniejszej lokalizacji betonowni.

Interaktywny model symulacyjny do planowania realizacji robót żelbetowych monolitycznych przedstawia rozdział ósmy. Bazując na nim opracowano narzędzie wspomagające planistę w projektowaniu organizacji tych robót. Wykorzystuje ono wiedzę i doświadczenie projektanta, zapewnia spełnianie ograniczeń technologicznych i organizacyjnych oraz umożliwia bieżące analizowanie efek-

Problemy, modele, metody – zakres monografii.

Autorzy	Tytuł rozdziału	Problemy	Modele	Metody	Zastosowanie w praktyce inżynierskiej
Wojciech Drozd	Modele klasyfikacyjne i grupowanie pojęciowe jako narzędzia wspomagające badanie wypadkowości w polskim budownictwie	problem bezpieczeństwa pracy podczas realizacji robót budowlanych	modele statystyczne do analizy wypadkowości	drzewa decyzyjne, analiza skupień	wspomaganie decyzji kierowników budów i projektantów przy opracowywaniu działań mających na celu poprawę bezpieczeństwa pracy w budownictwie oraz redukcję liczby wypadków
Krzysztof Zima	Wnioskowanie z przypadków w prognozowaniu kosztów robót budowlanych opartym na modelu BIM	prognozowanie kosztów	modele BIM do szacowania kosztów w budownictwie	wnioskowanie z przypadków CBR	wspomaganie kalkulacji kosztorysowych w budownictwie
Agnieszka Leśniak	Wspomaganie decyzji przetargowych wykonawców z zastosowaniem metod matematycznych	podjęcie decyzji wykonawcy budowlanego o przystąpieniu do przetargu	modele statystyczne i sieci neuronowe do wspomagania decyzji przetargowych	metody statystyczne, liniowa analiza dyskryminacyjna, metoda krokowa, wsteczna, metody sztucznych sieci neuronowych, metoda AHP	wspomaganie decyzji przetargowych wykonawcy budowlanego o przystąpieniu do przetargu
Iwona Rybka, Elżbieta Bondar-Nowakowska, Mieczysław Poloniski	Wykorzystanie opinii ekspertów do identyfikacji czynników ryzyka w realizacji systemów wodociągowych i kanalizacyjnych	identyfikacja czynników ryzyka podczas realizacji robót wodociągowych i kanalizacyjnych	modele statystyczne do analizy czynników ryzyka	badania ankietowe, eksperckie, analiza korespondencji	wspomaganie podejmowania decyzji w zakresie prawidłowego określenia tolerancji na ryzyko oraz dobór właściwej strategii reagowania na nie
Hubert Anysz	Prognozy ostrzegawcze wystąpienia opóźnienia terminu zakończenia budowy uzyskane za pomocą sztucznych sieci neuronowych	ostrzegawcze prognozowanie opóźnień terminu zakończenia budowy dróg ekspresowych i autostrad	model prognostyczny – sieci neuronowe do ocen planowanego cyklu budowy i opóźnienia jej realizacji	metody sztucznych sieci neuronowych	wykorzystanie otrzymanych prognoz do podjęcia decyzji o wyborze wykonawcy i zarządzania realizacją budowy

Tabela 1. cd.

Autor/rzy	Tytuł rozdziału	Problemy	Modele	Metody	Zastosowanie w praktyce inżynierskiej
Edwin Koźniewski, Marcin Orlowski	Projektowanie lańcucha dostaw betonu z wykorzystaniem diagramów Voronoi	projektowanie lańcucha dostaw mieszanki betonowej	grafy sieciowe z wagami do projektowania łańcuchów dostaw	diagramy Voronoi	wyznaczenie czasu transportu, monitorowanie tras przejazdu, znalezienie najkorzystniejszej lokalizacji betonowni
Anna Krawczyńska-Piechna, Roman Marcinkowski	Planowanie wykorzystania deskowań systemowych w monolitycznym budownictwie betonowym z zastosowaniem interaktywnej symulacji dynamicznej	problem wyboru systemu deskowania	interaktywny model symulacyjny do projektowania realizacji robót żelbetowych monolitycznych	symulacja dynamiczna	modyfikowanie na bieżąco przez decydenta ilości lub rodzaju dostępnych i wykorzystywanych zasobów oraz wpływ na przebieg robót, których rozpoczęcie uwarunkowane jest podjęciem decyzji przez planistę
Aneta Ziółkowska, Mieczysław Półtoński	Prognostowanie w metodzie EVM terminu i kosztu końcowego realizacji obiektu na podstawie bieżącego zaawansowania	monitorowanie i prognozowanie kosztu i terminu końcowego realizacji obiektu	modele analityczne odwzorowujące przebieg budowy	metoda EVM	ustalenie wiarygodnych prognoz i podejmowanie decyzji w zakresie działań naprawczych, sterowanie przebiegiem procesów budowlanych
Beata Nowogońska	Proгноza zmian stanu technicznego budynków mieszkalnych w pełnym okresie ich użytkowania	prognozowanie zmian stanu technicznego budynków	model PRRD (<i>Prediction of Reliability according to Rayleigh Distribution</i>) do prognozy życia budynku	rachunek prawdopodobieństwa	prognoza degradacji budynku (krzywe zagrożenia) stanowiąca podstawę do podejmowania decyzji remontowych przez zarządców budynków
Magdalena Rogalska	Wycena nieruchomości z wykorzystaniem metody wieloczynnikowych modeli statystycznych	prognozowanie ceny rynkowej budynku mieszkalnego	modele statystyczne, modele regresji wielorakiej do wyznaczenia ceny 1 m ² powierzchni użytkowej budynku mieszkalnego	metody statystyczne, sieci neuronowe	podejmowanie decyzji przez deweloperów i użytkowników

tywności zaplanowanych prac, w tym koszty podejmowanych decyzji. Włącza planistę w proces szeregowania zadań, generuje sytuacje decyzyjne, będące wynikiem decyzji wcześniej podjętych przez niego. Dzięki zastosowaniu interaktywnej symulacji dynamicznej, możliwe jest w praktyce modyfikowanie na bieżąco przez uczestnika procesu planistycznego ilości lub rodzaju dostępnych i wykorzystywanych zasobów oraz wpływ na przebieg robót, których rozpoczęcie uwarunkowane jest podjęciem decyzji przez planistę. Zaproponowane podejście interaktywne może być realizowane na dowolnym etapie realizacji przedsięwzięcia.

Rozdział dziewiąty zawiera modele analityczne odwzorowujące przebieg budowy, metodę EVM oraz jej rozwinięcia do monitorowania i prognozowania kosztu oraz terminu końcowego realizacji obiektu. Dzięki zastosowaniu proponowanego podejścia, w praktyce możliwe jest ustalanie wiarygodnych prognoz i podejmowanie decyzji w zakresie działań naprawczych, sterowanie procesami budowlanymi.

Model zmian właściwości użytkowych budynku mieszkalnego w funkcji czasu PRRD (Prediction of Reliability according to Rayleigh Distribution) do prognozy zmian stanu technicznego budynku i przewidywania uszkodzeń omówiony jest w rozdziale dziesiątym. Modelowanie różnych możliwych scenariuszy eksploatacyjnych budynku pozwala na efektywne planowanie działalności remontowej budynku. Prognoza degradacji budynku może stanowić podstawę do podejmowania decyzji remontowych przez zarządców budynków. Zaprezentowane narzędzie (krzywe zagrożenia) jest przydatne w planowaniu terminów remontów.

W rozdziale jedenastym wyjaśnione jest zastosowanie modeli statystycznych i sieci neuronowych do prognozowania ceny rynkowej budynku mieszkalnego. Zaproponowane podejście może być zastosowane do podejmowania decyzji przez deweloperów i użytkowników.

W monografii prezentowane są modele, techniki i metody badawcze, które wymagają specjalistycznej wiedzy przy ich stosowaniu, lecz dzięki możliwości ich komputerowej implementacji stanowią „przyjazne” narzędzia ułatwiające podejmowanie decyzji w rozwiązywaniu skomplikowanych problemów przez inżynierów i menedżerów budowlanych w praktyce budowlanej.

Opracowanie jest pracą zespołową członków Sekcji IPB KILiW PAN i osób z nią współpracujących. Autorzy reprezentują osiem ośrodków akademickich. Są to:

1. prof. dr hab. inż. Oleg Kapliński, *Politechnika Poznańska*;
2. dr hab. inż. Mieczysław Połonski prof. SGGW, dr inż. Aneta Ziółkowska, *Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie*;
3. dr hab. inż. Magdalena Rogalska, *Politechnika Lubelska*;
4. dr hab. inż. Elżbieta Bodnar-Nowakowska, prof. UP, dr inż. Iwona Rybka, *Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*;
5. dr hab. inż. Agnieszka Leśniak, dr inż. Krzysztof Zima, dr inż. Wojciech Drozd, *Politechnika Krakowska*;

6. dr hab. inż. Beata Nowogońska, prof. UZ, *Uniwersytet Zielonogórski*;
7. dr hab. inż. Roman Marcinkowski, prof. PW, dr inż. Anna Krawczyńska-Piechna, dr inż. Hubert Anysz, *Politechnika Warszawska*;
8. dr hab. Edwin Koźniewski, dr inż. Marcin Orłowski, *Politechnika Białostocka*.

Monografia kierowana jest do badaczy zajmujących się problemami z zakresu inżynierii przedsięwzięć budowlanych, młodych adeptów – doktorantów – podejmujących pracę naukową, poszukujących problemów i warsztatu naukowego, badawczego, pracowników dydaktycznych a także studentów poszukujących modeli i metod, które niezbędne są w realizacji programów kształcenia na kierunku budownictwo, które zwłaszcza na studiach II stopnia powinny być ukierunkowane na zdobywanie przez studentów pogłębionej wiedzy oraz umiejętności badawczych, niezbędnych w działalności badawczej, komunikacji naukowej oraz na rynku pracy.