

P O L S K A A K A D E M I A N A U K
KOMITET INŻYNIERII LĄDOWEJ I WODNEJ

STUDIA Z ZAKRESU INŻYNIERII

NR 99

ANNA SOBOTKA, ELŻBIETA RADZISZEWSKA-ZIELINA
(red.)

**INŻYNIERIA PRZEDSIĘWZIĘĆ
BUDOWLANYCH
PROBLEMY, MODELE, METODY**

WARSZAWA – KRAKÓW 2018

Rada Redakcyjna

*A. M. Brandt, A. Garstecki, P. Konderla, A. Kozłowski, M. Kwietniewski,
A. Siemińska-Lewandowska, J. Szwabowski, W. Świdziński, J. Ziółko*

Komitet Redakcyjny

*W. Brilon (Niemcy), J. Chróścielewski, L. Courard (Belgia), A. Garbacz,
W. Gilewski, M. Gizejowski, O. Kapliński, W. Marks,
Z. Młynarek, A. S. Nowak (USA), J. Z. Piotrowski, A. P. Tarko (USA),
M. Tracz, E. K. Zavadskas (Litwa), H. Zobel (redaktor naczelny)*

Recenzenci

Tadeusz Kasprowicz, Piotr Jaśkowski

Redakcja techniczna

Joanna Żychowicz-Pokulniewicz

Adres Redakcji

Politechnika Warszawska
Wydział Inżynierii Lądowej
Al. Armii Ludowej 16, 00-637 Warszawa

Wydanie sponsorowane przez firmy:
BUDIMEX S.A., 01-040 Warszawa, ul. Stawki 40
PERI Polska Sp. z o.o., 05-860 Płochocin, ul. Stołeczna 62

© Copyright by Komitet Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN
Warszawa 2018

ISSN 0137-5393

ISBN 978-83-939534-3-1

Wydanie I

Skład w systemie L^AT_EX: J. Żychowicz-Pokulniewicz

SPIS TREŚCI

Wprowadzenie	
Anna Sobotka, Elżbieta Radziszewska-Zielina	9
1. Specyfika przedsięwzięć budowlanych w kontekście innowacyjnych wyzwań	
Oleg Kapliński	17
1.1. Wprowadzenie	17
1.2. Wielowymiarowość w ujęciu wertykalnym	20
1.3. Wielowymiarowość w ujęciu horyzontalnym	23
1.4. Dywersyfikacja i ewolucja kryteriów innowacyjności w IPB	27
1.4.1. Rozbieżności w ocenie innowacyjności. Badania	27
1.4.2. Zarządzanie procesowe	30
1.4.3. Projektowanie zintegrowane	31
1.4.4. Ewolucja wymiaru jakości	32
1.4.5. Cyfryzacja projektowania i realizacji przedsięwzięć budowlanych	33
1.4.6. Trendy	34
1.4.7. Zmiana mentalności	35
1.5. Podsumowanie	36
1.6. Bibliografia	37
2. Modele klasyfikacyjne i grupowanie pojęciowe jako narzędzia wspomagające badanie wypadkowości w polskim budownictwie	
Wojciech Drozd	41
2.1. Wprowadzenie	41
2.2. Wybór zmiennych do analiz	42
2.2.1. Struktura i porządkowanie danych	42
2.3. Badanie wypadkowości na terenie budowy za pomocą modeli klasyfikacyjnych	45
2.3.1. Drzewa klasyfikacyjne	45
2.4. Badanie wypadkowości na terenie budowy za pomocą grupowania pojęciowego	51

2.4.1.	Analiza skupień	51
2.5.	Podsumowanie	60
2.6.	Bibliografia	62
3.	Wnioskowanie z przypadków w prognozowaniu kosztów robót budowlanych opartym na modelu BIM	
	Krzysztof Zima	63
3.1.	Wstęp	63
3.2.	Wnioskowanie z przypadków	65
3.3.	Model informacji o obiekcie budowlanym	72
3.4.	Przykład obliczeniowy ilustrujący zastosowanie metody CBR opartej na modelu BIM	77
3.5.	Wnioski	86
3.6.	Bibliografia	87
4.	Wspomaganie decyzji przetargowych wykonawców z zastosowaniem metod matematycznych	
	Agnieszka Leśniak	89
4.1.	Wprowadzenie	89
4.2.	Przetarg jako forma pozyskiwania zleceń na roboty budowlane	92
4.2.1.	Czynniki warunkujące udział wykonawcy w przetargu	93
4.3.	Wspomaganie decyzji o udziale w przetargu z wykorzystaniem modeli klasyfikacyjnych	94
4.3.1.	Wspomaganie procesu decyzyjnego wykonawcy z wykorzystaniem metody statystycznej	95
4.3.2.	Wspomaganie procesu decyzyjnego wykonawcy z wykorzystaniem metody opartej na sztucznej inteligencji	101
4.4.	Wspomaganie decyzji o wyborze przetargu z wykorzystaniem metody analizy wielokryterialnej – AHP	107
4.4.1.	Wybór przetargu z zastosowaniem metody AHP – przykład	108
4.5.	Podsumowanie	111
4.6.	Bibliografia	112
5.	Wykorzystanie opinii ekspertów do identyfikacji czynników ryzyka w realizacji systemów wodociągowych i kanalizacyjnych	
	Iwona Rybka, Elżbieta Bondar-Nowakowska, Mieczysław Połoński	117
5.1.	Wstęp	117
5.2.	Materiał i metody badawcze	118
5.2.1.	Dobór ekspertów	118
5.2.2.	Przygotowanie ankiety	119
5.2.3.	Opracowanie wyników ankiet	120
5.3.	Wyniki	121
5.4.	Podsumowanie	131
5.5.	Bibliografia	132

6. Prognozy ostrzegawcze wystąpienia opóźnienia terminu zakończenia budowy uzyskane za pomocą sztucznych sieci neuronowych	
Hubert Anysz	135
6.1. Wprowadzenie	135
6.2. Przygotowanie do budowy modelu prognostycznego	137
6.2.1. Zjawisko gospodarcze, użytkownik prognozy, okres i cel prognozy	138
6.2.2. Identyfikacja czynników wpływających na opóźnienia	138
6.2.3. Zebranie danych statystycznych	141
6.2.4. Wybór narzędzia prognostycznego	141
6.3. Prognozowanie z wykorzystaniem SSN	142
6.3.1. Przygotowanie danych	142
6.3.2. Określenie wyjścia z SSN – zmiennej zależnej	144
6.3.3. Wybór typu, topologii i parametrów SSN, wstępne obliczenia	144
6.3.4. Optymalizacja topologii i parametrów SSN	146
6.3.5. Optymalizacja liczby typów danych wejściowych – zmiennych zależnych	147
6.3.6. Analiza otrzymanych wyników	148
6.4. Przykład zastosowania	152
6.5. Podsumowanie	153
6.6. Bibliografia	154
7. Projektowanie łańcucha dostaw betonu towarowego z wykorzystaniem diagramów Voronoi	
Edwin Koźniewski, Marcin Orłowski	159
7.1. Wstęp	159
7.2. Diagram Voronoi	160
7.3. Drzewo grafowe i wykres radarowy	162
7.3.1. Grafy skierowane z wagami	162
7.3.2. Grafy i koła zasięgu w metryce czasowej	163
7.4. Łańcuch dostaw betonu towarowego	165
7.4.1. Diagramy z ograniczoną odległością – studium przypadków	167
7.4.2. Pomiary czasu przejazdu betonowozów	167
7.4.3. Wyznaczenie czasu transportu bliskiego	171
7.4.4. Analiza W -Kendall'a	171
7.4.5. Wyznaczanie czasu transportu bliskiego (cd.)	177
7.4.6. Podsumowanie i wnioski	179
7.5. Bibliografia	181
8. Planowanie wykorzystania deskowań systemowych w monolitycznym budownictwie betonowym z zastosowaniem interaktywnej symulacji dynamicznej	
Anna Krawczyńska-Piechna, Roman Marcinkowski	183
8.1. Wstęp	183
8.2. Model interaktywnego podejścia do planowania robót betonowych	185
8.2.1. Istota interaktywnego podejścia do planowania robót MBB	185

8.2.2.	Model robót MBB	186
8.2.3.	Analiza pracy deskowań w realizacji procesu technologicznego . . .	189
8.2.4.	Idea symulacji dynamicznej	190
8.2.5.	Generowanie frontów robót	192
8.2.6.	Podejmowanie decyzji o betonowaniu frontów	195
8.2.7.	Podejmowanie decyzji o częściowym demontażu deskowania	196
8.2.8.	Całkowity demontaż deskowania	198
8.2.9.	Zegar główny symulatora	199
8.3.	Aplikacja komputerowa do planowania robót betonowych	201
8.4.	Podsumowanie	205
8.5.	Bibliografia	205
9.	Prognozowanie w metodzie EVM terminu i kosztu końcowego realizacji obiektu na podstawie bieżącego zaawansowania	
	Aneta Ziółkowska, Mieczysław Połoński	207
9.1.	Wprowadzenie	207
9.2.	Prognozowanie kosztu końcowego	208
9.2.1.	Wstęp	208
9.2.2.	Wzory podawane przez Webba	208
9.2.3.	Szacowanie kosztu końcowego wg propozycji Athey	208
9.2.4.	Wzory proponowane przez Department Energii USA	209
9.2.5.	Wzory proponowane przez Anbari	210
9.2.6.	Wzór zaprezentowany przez Heinze	210
9.3.	Prognozowanie terminu końcowego	211
9.3.1.	Wstęp	211
9.3.2.	Planned Value (PV)	212
9.3.3.	Earned Duration (ED)	213
9.3.4.	Earned Schedule (ES)	215
9.3.5.	Wzory zaproponowane przez Athey	218
9.4.	Przykład obliczeniowy	218
9.4.1.	Sposób wykonywania obliczeń	218
9.4.2.	Prognoza kosztu końcowego	219
9.4.3.	Prognoza terminu końcowego	221
9.4.4.	Wyniki obliczeń	222
9.5.	Ocena metod prognozowania	228
9.6.	Słownik ważniejszych akronimów	231
9.7.	Bibliografia	232
10.	Prognoza zmian stanu technicznego budynków mieszkalnych w pełnym okresie ich użytkowania	
	Beata Nowogońska	235
10.1.	Wprowadzenie	235
10.2.	Cel i założenia metody prognozowania stanu technicznego	237
10.3.	Model prognozy procesu starzenia budynku	238
10.3.1.	Zasady stosowane dla obiektów technicznych	238

10.3.2.	Matematyczny opis procesu starzenia	239
10.3.3.	Model PRRD (Prediction of Reliability according to Rayleigh Distribution)	241
10.4.	Prognoza zmian właściwości użytkowych elementów budynku	243
10.4.1.	Model PRRD dla elementów budynku	243
10.4.2.	Prognoza zmian właściwości użytkowych elementów konstrukcyjnych	245
10.4.3.	Prognoza zmian właściwości użytkowych elementów wykończonych	246
10.4.4.	Ocena dokładności prognozy	247
10.5.	Prognoza zmian właściwości użytkowych całego budynku	250
10.6.	Zastosowanie modelu PRRD w planowaniu przedsięwzięć remontowych	251
10.6.1.	Model PRRD dla budynków remontowanych	251
10.6.2.	Przykład zastosowania PRRD	252
10.7.	Podsumowanie	253
10.8.	Bibliografia	254
11.	Wycena nieruchomości z wykorzystaniem metody wieloczynnikowych modeli statystycznych	
	Magdalena Rogalska	257
11.1.	Wstęp	257
11.2.	Wieloczynnikowe modele statystyczne w prognozowaniu inżynierskim	258
11.2.1.	Wprowadzenie	258
11.2.2.	Model regresyjny	259
11.2.3.	Metoda wieloczynnikowa w prognozowaniu inżynierskim	260
11.2.4.	Błędy prognoz	261
11.2.5.	Funkcja autokorelacji reszt i autokorelacji cząstkowej reszt	262
11.2.6.	Prognozowanie metodą regresji wielorakiej MR (Multiple Regression)	265
11.2.7.	Prognozowanie metodą wieloimiennej regresji adaptacyjnej z użyciem funkcji sklepanych MARS (Multivariate Adaptive Regression Splines)	267
11.2.8.	Prognozowanie metodą uogólnionych modeli addytywnych GAM (Generalized Additive Methods)	269
11.2.9.	Prognozowanie metodą sztucznych sieci neuronowych	269
11.2.10.	Prognozowanie metodą wektorów nośnych SVM (Support Vector Machine)	272
11.3.	Przykład obliczeniowy	274
11.3.1.	Określenie zmiennych niezależnych i zebranie danych	275
11.3.2.	Sprawdzenie normalności rozkładów	276
11.3.3.	Analiza korelacji zmiennych liniowych	277
11.3.4.	Prognozowanie metodą regresji wielorakiej	277
11.3.5.	Prognozowanie metodą wieloimiennej regresji adaptacyjnej z użyciem funkcji sklepanych	279

11.3.6. Prognozowanie metodą uogólnionych modeli addytywnych	280
11.3.7. Prognozowanie metodą wektorów nośnych	284
11.3.8. Metoda automatycznych sieci neuronowych	285
11.3.9. Analiza prawidłowości i wybór modelu prognostycznego	286
11.4. Wnioski	288
11.5. Bibliografia	288