

Spis treści

Przedmowa 11

1. Wprowadzenie 15

1.1. Wstęp 15

1.2. Ograniczenia tradycyjnego budownictwa 16

1.3. Cyfryzacja branży budowlanej 21

1.4. Rola BIM w cyfryzacji budownictwa 23

1.5. Odniesienia do strategii rozwoju Przemysł 4.0 25

1.6. Modele informatyczne i cyfrowe bliźniaki 30

1.7. BIM w infrastrukturze w innych krajach 32

1.8. Inspiracje i zakres monografii 35

2. Zarządzanie cyklem życia mostu 41

2.1. Filozofia zrównoważonego rozwoju 41

2.2. Zintegrowana analiza cyklu życia obiektów 44

2.2.1. Składowe analizy zintegrowanej 44

2.2.2. Analiza ekonomiczna, LCC 46

2.2.3. Analiza środowiskowa, LCA 51

2.2.4. Analiza społeczna, S-LCA 53

2.2.5. Integracja analiz cyklu życia 54

2.3. Analiza kosztów cyklu życia obiektów mostowych 56

2.3.1. Cykle życia obiektu mostowego 56

2.3.2. Ogólne założenia metodyki LCC 62

2.3.3. Modele degradacji mostu i okres analizy 64

2.3.4. Wskaźnikowa ocena efektywności ekonomicznej 66

2.3.5. Koszty jednostkowe przedsięwzięć mostowych 68

2.3.6. Podejście deterministyczne i probabilistyczne 70

2.4. Analiza środowiskowa obiektów mostowych, LCA	72
2.5. Przykłady analizy cyklu życia obiektów mostowych	74
2.5.1. Oprogramowanie wspomagające analizy cyklu życia obiektów mostowych	74
2.5.2. Analiza zintegrowana w ocenie wariantów rozwiązań projektowych	75
2.5.3. Analiza wielu obiektów	82
2.6. Modele BIM w zarządzaniu cyklem życia	97
3. Metodyka BIM i zagadnienia pokrewne	103
3.1. Ewolucja technik CAD w kierunku BIM	103
3.2. Wprowadzenie do metodyki BIM	106
3.2.1. Definicje BIM	106
3.2.2. Poziomy dojrzałości BIM	111
3.2.3. Wielowymiarowość BIM	113
3.2.4. Poziomy szczegółowości modelu BIM	115
3.3. Standardy i platformy wymiany danych BIM	119
3.3.1. Interoperacyjność narzędzi BIM	119
3.3.2. Koncepcja otwartych standardów BIM	120
3.3.2.1. Standaryzacja związana z BIM	120
3.3.2.2. Dane – Industry Foundation Classes, IFC	122
3.3.2.3. Procesy – Information Delivery Manual, IDM	128
3.3.2.4. Nazwy – Information Framework Dictionary, IFD	129
3.3.3. Procesy informacyjne i zarządcze BIM	130
3.3.3.1. Kluczowe dokumenty kontraktowe BIM	130
3.3.3.2. Wymagania informacyjne	132
3.3.3.3. Plany wykonania oraz dostarczania informacji	135
3.3.3.4. Role osób w metodyce BIM	136
3.3.4. Arkusze danych niegraficznych typu COBie	138
3.3.5. Platforma wymiany danych, CDE	139

3.3.6. Klasyfikacja budowlana zgodna z BIM	143
3.4. Zagadnienia i technologie powiązane z BIM	146
3.4.1. Szczupłe budownictwo (Lean Construction)	146
3.4.2. Zintegrowany proces inwestycyjny, IPD	148
3.4.3. Rzeczywistość wirtualna, poszerzona i mieszana, VR, AR i MR	151
3.4.4. Graficzne języki programowania, VPL	156
3.4.5. Projektowanie obliczeniowe i generatywne	161
3.4.6. Sztuczna inteligencja, AI	167
3.4.7. Monitoring stanu technicznego, SHM	172
3.4.8. Cyfrowe bliźniaki (Digital Twins)	175
3.4.9. Systemy informacji o terenie, GIS	180
3.4.10. Rekonstrukcja 3D i pojazdy UAV	186
3.4.11. Automatyzacja i robotyzacja	192
3.4.11.1. Mechanizacja robót budowlanych	192
3.4.11.2. Automatyzacja i roboty na budowie	194
3.4.11.3. Automatyzacja poza placem budowy	197
3.4.11.4. Techniki druku 3D	199
3.4.12. Zarządzanie zasobami (Asset Management)	202
3.5. Korzyści z użycia metodyki BIM	210
3.5.1. Poprawa dostępu i usprawnienie zarządzania informacjami	210
3.5.2. Zalety metodyki BIM w pracy zespołowej	212
3.5.3. Korzyści powiązane z cyklem życia mostu	214
3.5.4. Etap planowania i projektowania	216
3.5.5. Etap prac budowlanych	217
3.5.6. Etap użytkowania i utrzymania	218
3.5.7. Korzyści pośrednie – innowacje, procesy, ludzie	219
4. Mosty jako element infrastruktury liniowej	221

4.1. Metodyka BIM w budowlach kubaturowych i liniowych	221
4.2. Klasyfikacja mostów w kontekście BIM	225
4.3. Opis strukturalny mostu	228
4.3.1. Zasadnicze elementy składowe mostu	228
4.3.2. Hierarchiczna struktura danych w opisie mostu	232
4.3.3. Istniejące standardy opisu mostów	235
4.3.4. Propozycja hierarchicznej struktury danych opisujących most	238
4.4. Biblioteka elementów mostowych w formie parametrycznych modeli 3D	242
4.5. Technologie budowy mostów	247
4.5.1. Ewolucja metod budowy mostów	247
4.5.2. Prefabrykacja dźwigarów	248
4.5.3. Nasuwanie podłużne	248
4.5.4. Metody nawisowe (wspornikowe)	251
4.5.5. Metody budowy całych przęseł (przęsło po przęśle)	254
4.5.6. Mosty rozporowe z dźwigarami łukowymi i ramowymi	255
4.6. Wymagania dotyczące modelu BIM obiektu inżynierskiego	256
4.6.1. Proces modelowania i odpowiedzialność za model	256
4.6.2. Zawartość modelu i dane projektu	257
4.6.3. Poziom szczegółowości, LOD	259
4.6.4. Standaryzacja nazewnictwa plików	263
5. BIM w planowaniu i projektowaniu mostów	265
5.1. Podejście obiektowe w projektowaniu mostów	265
5.2. Praca zespołowa przy modelowaniu mostów	268
5.3. Planowanie wstępne i modele koncepcyjne	274
5.4. Narzędzia do tworzenia i analizy modeli mostów	279
5.5. Modelowanie geometrii mostów BIM 3D	291
5.5.1. Powiązanie geometrii mostu i drogi w projektach koncepcyjnych	291

5.5.2. Modelowanie podpór mostowych	295
5.5.3. Parametryzacja wybranych elementów ustroju nośnego	303
5.5.4. Generowanie dokumentacji 2D	312
5.6. Przykłady mostowych modeli BIM 3D	315
5.6.1. Obiekty drogowe o przekroju skrzynkowym z betonu sprężonego	315
5.6.2. Dwuprzęsłowe wiadukty drogowe z betonu sprężonego	320
5.6.3. Przebudowa i wymiana obiektów mostowych	320
5.6.4. Naprawa uszkodzonego przez pojazd stalowego wiaduktu dla pieszych	325
5.6.5. Obiekty kolejowe ze stalowymi przęsłami	330
6. BIM na budowie mostów	332
6.1. Wprowadzenie	332
6.2. Harmonogramy BIM 4D	334
6.2.1. Ograniczenia tradycyjnego podejścia do harmonogramów	334
6.2.2. Zalety metodyki BIM w planowaniu robót	336
6.3. Przedmiary i kosztorysy BIM 5D	340
6.3.1. Tradycyjne sposoby tworzenia przedmiarów i kosztorysów	340
6.3.2. Korzyści z wykorzystania modelu BIM	341
6.4. Cyfryzacja procesów budowy mostów	344
6.4.1. Urządzenia cyber-fizyczne na budowie	344
6.4.2. Wirtualne projektowanie i budowa, VDC	346
6.4.3. Koncepcja cyfrowej budowy infrastrukturalnej	352
6.4.4. Uwzględnienie technologii budowy mostów	353
6.5. Odbiór robót budowlanych i modele powykonawcze	358
6.5.1. Aktualne podejście do odbioru robót i dokumentacji powykonawczej	358
6.5.2. Modele powykonawcze związane z procesami BIM	361
7. Modele BIM w użytkowaniu infrastruktury mostowej	364
7.1. Wprowadzenie	364

7.2. Konieczność poprawy bezpieczeństwa obiektów i jakości inspekcji	367
7.3. Systemy gospodarowania mostami, SGM	370
7.3.1. Ewolucja narzędzi komputerowego wspomaganie systemów SGM	370
7.3.2. Model BIM jako graficzna baza wiedzy o obiekcie	375
7.3.3. Przejrzysty proces zarządzania obiektem	378
7.4. Modelowanie uszkodzeń mostów	382
7.4.1. Stosowane metody opisu uszkodzeń mostów	382
7.4.2. Koncepcja hierarchicznej klasyfikacji uszkodzeń	389
7.4.3. Propozycja sposobu modelowania uszkodzeń w środowisku BIM	392
7.4.4. Poziomy szczegółowości modelu uszkodzenia klasy BIM	393
7.5. Ocena stanu technicznego mostów	400
7.5.1. Rola diagnostyki mostów w systemach SGM	400
7.5.2. Aktualne praktyki w inspekcji stanu technicznego mostów	404
7.5.3. Ewidencjonowanie wyników inspekcji	406
7.5.4. Nowe scenariusze pracy inspektorów mostowych	409
7.6. Wykorzystanie BIM w inspekcji mostów	411
7.6.1. Cyfryzacja procesu i wyników inspekcji	411
7.6.2. Aplikacje wspomagające inspekcje mostów	416
7.6.3. Propozycja polskiej aplikacji dla inspektorów mostowych	422
7.6.3.1. Ogólna prezentacja systemu Smart Bridge Inspector	422
7.6.3.2. Aplikacja stacjonarna	426
7.6.3.3. Aplikacja mobilna	427
7.6.3.4. Wyświetlanie modelu BIM i poszerzona rzeczywistość	429
7.6.4. Przykłady inspekcji mostów z użyciem cyfrowych technologii	431
7.6.4.1. Inspekcje mostów z użyciem mobilnej aplikacji	431
7.6.4.2. Identyfikacja uszkodzeń mostu z użyciem narzędzi do rekonstrukcji 3D	435
7.6.4.3. Wykorzystanie robotów inspekcyjnych	443

7.7. Innowacje i projekty badawcze w infrastrukturze 446

8. Zakończenie 452

8.1. Nowe regulacje związane z BIM 452

8.1.1. Powiązanie przepisów mostowych z metodyką BIM 452

8.1.2. Zagadnienia związane z prawami autorskimi 457

8.1.3. Cyfryzacja procesów i decyzji budowlanych 458

8.1.4. Cyfryzacja rynku zamówień publicznych 459

8.2. Elementy wdrożenia BIM w mostownictwie 460

8.2.1. Inicjatywy i promocja metodyki BIM w Polsce 460

8.2.2. Strategie wdrażania BIM 465

8.2.3. Budowanie świadomości w instytucjach infrastruktury 466

8.2.4. Oczekiwane cele wynikające z wdrożenia metodyki BIM 468

8.2.5. Propozycja najważniejszych działań 471

8.2.6. Edukacja i szkolenia z metodyki BIM 473

8.2.7. Rola projektów pilotażowych 477

8.2.8. Pierwszy projekt pilotażowy BIM w GDDKiA 479

8.3. Podsumowanie 483

Wykaz ważniejszych skrótów, pojęć i ich definicje 485

Bibliografia 501

Spis rycin, w których wykorzystano inne źródła niż własne 522