

Informatyka budowlana: wyzwania i pułapki



dr hab. inż.
R. ROBERT GAJEWSKI
Politechnika Warszawska
Wydział Inżynierii Lądowej
ORCID: 0000-0002-2521-6559

Celem pracy jest przedstawienie wyzwań i pułapek związanych z miejscem oraz rolą informatyki w budownictwie. Pokazano, jak trzy klasyczne sposoby rozumowania są wykorzystywane w realizacji podstawowych zadań inżynierskich. Zaprezentowano proces transformacji informacji w budownictwie. Przedstawiono także wzorcową sekwencję przedmiotów informatycznych i ich powiązania z innymi blokami tematycznymi.

Bezpośrednią motywacją do napisania tego artykułu było zdanie z monografii [1]: komputyka jest nauką, a nie umiejętnością (*computing is a science and not a skill*). Podczas dyskusji nad tak zwaną sylwetką absolwenta rodzi się bowiem pokusa wyposażenia go przede wszystkim w to, czego oczekuje rynek, czyli przemysł budowlany – praktyczną umiejętność posługiwania się nowoczesnym oprogramowaniem, która to umiejętność jest najczęściej obca pokoleniu inżynierów 40+. Jest to pokusa bardzo niebezpieczna, gdyż dziś można sobie wyobrazić swoistą symbiozę mających świetne podstawy „starych” inżynierów z „młodymi” specjalistami od obsługi programów. Za 20–30 lat, gdy obecni inżynierowie 40+ odejdą na emeryturę, pojawi się luka kompetencyjna, gdyż podstaw takich jak matematyka, mechanika i informatyka nie można nauczyć się ani na budowie, ani w biurze projektów.

Trzy sposoby rozumowania

W pracy [2] przedstawiono podstawy komputyki i myślenia komputacyjnego oraz ich potencjał w rozwiązywaniu problemów dyscypliny inżynieria lądowa i transport. Drugim filarem rozwiązywania problemów są trzy podstawowe sposoby rozumowania, towarzyszące także działalności inżynierskiej, a znane od czasów Arystotelesa [3]: dedukcja, indukcja oraz abdukcja. Ideę tych trzech sposobów rozumowania wykorzystali dla dyscypliny inżynieria lądowa i transport Raphael i Smith [4], a następnie rozwinęli ją w [1].

1. **Dedukcja** [5] to rodzaj rozumowania, którego kierunek jest zgodny z kierunkiem wynikania logicznego. Polega ona na tym, że dochodzimy do określonego wniosku na podstawie założonego wcześniej zbioru przesłanek. Dedukcja jest prostym wyciąganiem wniosków i nie wymaga tworzenia nowych twierdzeń i pojęć. Jeśli przesłanki są prawdziwe, a rozumowanie zostało przepro-

wadzone poprawnie, to wnioski będą prawdziwe.

2. Z drugiej strony **indukcja** [6] to rozumowanie, które polega na wyprowadzaniu wniosków ogólnych z przesłanek stanowiących przypadki szczególne. Metoda indukcji polega na przeprowadzaniu eksperymentów i obserwacji. Na ich podstawie dokonuje się uogólnień oraz formuluje hipotezy, które następnie są weryfikowane. Zasada indukcji pozwala na przejście od zaobserwowanych przypadków do twierdzeń o charakterze ogólnym.
3. Termin **abdukcja** [7] (rozumowanie abdukcyjne [8]) nie jest zbyt popularny w języku polskim. Pojęcie to, wywodzące się z filozofii Charlesa Peirce’a [9], zostało stworzone dla oznaczenia procesu tworzenia wyjaśnień. Jest procesem rozumowania, który dla pewnego zbioru faktów tworzy ich najbardziej prawdopodobne wyjaśnienia. Termin abdukcja jest czasem używany dla oznaczenia procesu tworzenia hipotez służących wyjaśnieniu obserwacji lub wyciągania wniosków. W tym rodzaju rozumowania znamy efekt końcowy, szukamy przyczyn.

Te trzy podstawowe sposoby rozumowania podsumowuje tabela 1.

Pięć podstawowych zadań inżynierskich

Zanim omówimy pięć klasycznych zadań inżynierskich, przypomnimy sobie definicje dwóch podstawowych pojęć: **konstrukcja** (ang. *structure*) i jej **zachowanie** (ang. *behaviour*), czyli odpowiedź. Konstrukcja to za-

ówno realny obiekt inżynierski, jak i ogół informacji o nim, takich jak: rysunki, dane, wymiary, materiały, parametry, obciążenia, temperatura. Zachowanie to sposób, w jaki konstrukcja spełnia swoje funkcje, czyli informacja typu: deformacje, przemieszczenia, naprężenia, odkształcenia, pęknięcia, korozja, pełzanie, relaksacja. Podstawowe zadania inżynierskie [1] są następujące:

1. **Symulacja** to sytuacja, w której przyczyny są aplikowane do określonych konstrukcji, aby obserwować ich następstwa, czyli zachowanie konstrukcji.
2. **Analiza** to szczególny przypadek symulacji – szukamy odpowiedzi (zachowania) konstrukcji w określonych warunkach (poddanych konkretnym obciążeniom). Przykładem może być analiza konstrukcji mostowych pod różnymi kombinacjami i zestawami obciążeń.
3. Procesem odwrotnym do symulacji jest **diagnoza** – znamy z obserwacji efekty (następstwa), a także parametry konstrukcji – poszukujemy przyczyn. W narodziu pomieszczenia pojawiło się zagrożenie – jaka jest tego przyczyna?
4. **Synteza** to proces odwrotny do analizy. W tym procesie końcowe pożądane zachowanie konstrukcji jest podstawą do określenia (zaprojektowania) fizycznych parametrów konstrukcji. Proces projektowania konstrukcji to takie jej kształtowanie, by nie zostały przekroczone żadne wielkości opisujące jej zachowanie.
5. Ostatnie z klasycznych zadań inżynierskich to **interpretacja** informacji. Obejmuje ona bardzo szeroki wachlarz działań inżyniera, takich jak: obciąże-

Tabela 1. Trzy podstawowe sposoby wnioskowania (opracowanie własne na podstawie [1])

Rozumowanie	Dane informacje	Szukane informacje
Dedukcja	Przyczyna Zasada	Skutek
Indukcja	Przyczyna Skutek	Zasada
Abdukcja	Zasada Skutek	Przyczyna

Computing is a science and not a skill.

Engineering Informatics
B. Raphael, I.F.C. Smith

nia próbne, eksperymenty laboratoryjne, kombinacja wyników badań z wiedzą o konstrukcji.

Pięć podstawowych zadań inżynierskich i wykorzystywane w nich sposoby rozumowania zestawia tabela 2.

Tab. 2. Rodzaje zadań w budownictwie (opracowanie własne na podstawie [1])

Rodzaj zadania	Sposób rozumowania
Symulacja	Dedukcja
Analiza	Dedukcja
Diagnoza	Abdukcja
Synteza	Abdukcja
Interpretacja	Indukcja

Wynika z niej, że najczęściej wykorzystywana jest dedukcja i abdukcja. Metody obliczeniowe bazują na dedukcji. Procesy projektowania (synteza) bądź też diagnozy bazują na abdukcji i są w dużej mierze sztuką, która trudniej poddaje się procesowi komputeryzacji.

Pięć etapów transformacji informacji

Budownictwo, tak jak i inne dyscypliny inżynierskie, może być postrzegane oraz analizowane przez pryzmat procesu transformacji informacji. Jeden z etapów tego procesu jest wszystkim inżynierom doskonale znany – gdy obliczamy przemieszczenie w belce, to informacja o **konstrukcji** (wymiary, materiał, obciążenie) jest transformowana do informacji o **zachowaniu** (wielkość przemieszczenia). Poza dwoma wymienionymi już rodzajami informacji wyróżniamy jeszcze informację o **funkcji** konstrukcji, która obejmuje: wymagania funkcjonalne, kryteria projektowe, specyfikacje, oczekiwania społeczne.

1. Pierwszy etap procesu transformacji informacji to **sformułowanie** – jest to przejście z przestrzeni informacji o funkcji do przestrzeni informacji o pożądanych zachowaniach konstrukcji. Celem projektowania inżynierskiego jest transformacja

funkcji (wymagań) do zachowań z utrzymaniem bezpieczeństwa, wytrzymałości, stabilności, a także estetyki.

2. Kolejny, drugi etap to **synteza**. Parametry związane z odpowiednim pożądanym zachowaniem konstrukcji oraz obciążeniem są transformowane do przestrzennej informacji o konstrukcji zgodnej z projektem. Przykładem jest choćby wstępny dobór posadowienia konstrukcji (fundamentów) i rodzaju oraz wielkości elementów przenoszących obciążenia. Parametry związane z odpowiednim zachowaniem konstrukcji oraz obciążeniem są transformowane do przestrzennej informacji o konstrukcji.

3. Trzeci etap tej transformacji to **analiza** i ocena. Po zgromadzeniu informacji o konstrukcji (wykonanie projektu) możemy dokonać analizy, aby określić jej przewidziane zachowanie (odpowiedź). Najczęściej jest to informacja dotycząca sił wewnętrznych i przemieszczeń (deformacji) pod wpływem obciążeń. Wielkości te są porównywane w procesie ewaluacji z informacjami o pożądanym zachowaniu konstrukcji. Do analizy konstrukcji używamy znanych metod obliczeniowych. Wiele z nich realizowanych jest obecnie komputerowo. Jeśli rezultaty ewaluacji nie są właściwe, powtarzamy syntezę i analizę bądź też zmieniamy sformułowanie. Jest to proces iteracyjny.

ny. Projektowanie to powtarzana kombinacja syntezy i analizy z uwzględnieniem sformułowania. Po wykonaniu tej iteracji możemy zbudować konstrukcję.

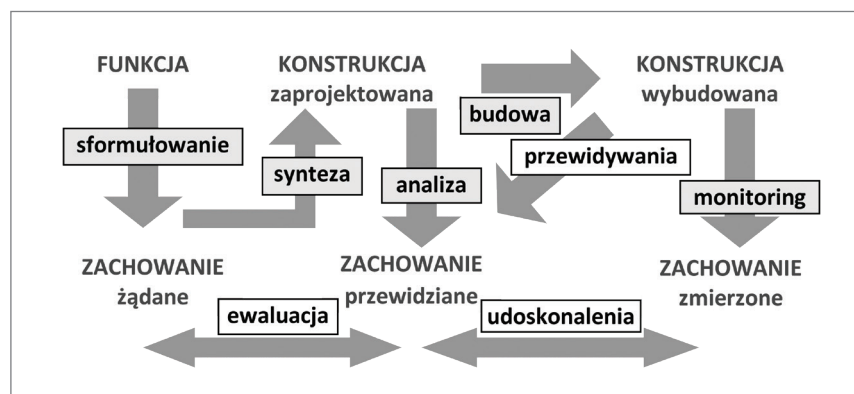
4. Etap czwarty to **budowa** – przejście od konstrukcji zgodnej z projektem do konstrukcji wybudowanej. Proces budowlany nie powinien kończyć się w tym punkcie. Niezbędna jest ciągła obserwacja i mierzenie zachowania wybudowanej konstrukcji.

5. Piąty i ostatni etap to **monitoring** wybudowanej konstrukcji. Jeśli nie jesteśmy w 100% pewni zachowania konstrukcji, prowadzimy monitoring. Dostarcza on informacji o trzecim rodzaju zachowania konstrukcji – pomierzonym. Pozwala na przewidywanie zachowania konstrukcji. Najczęściej niestety zapominamy o tym elemencie. Porównanie przewidzianych i pomierzonych zachowań konstrukcji może oraz powinno prowadzić do jej udoskonalenia.

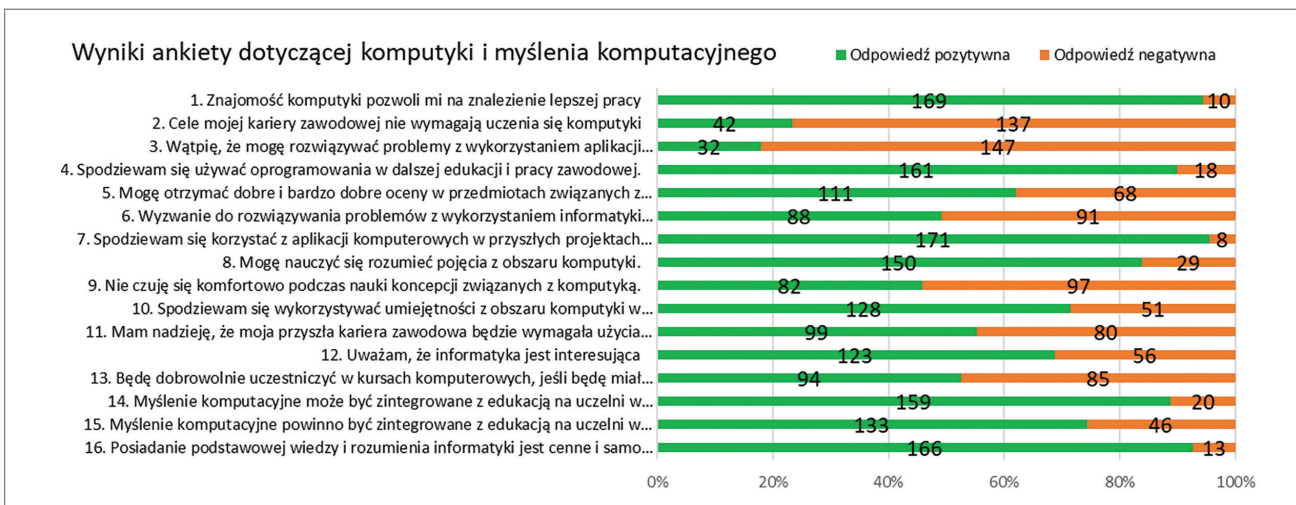
Wszystkie pięć etapów jest podsumowane na rysunku 1., który powstał na podstawie [1].

Wyniki badań ankietowych

Ankieta dotycząca komputyki i myślenia komputacyjnego została opracowana na podstawie badań zrealizowanych na Purdue University [10]. W badaniu przeprowadzonym zimą 2019/2020 roku uczestniczyło 179 studentów pierwszego roku studiów stacjo-



Rys. 1. Przepływ informacji w budownictwie [opracowanie własne na podstawie [1]]



Rys. 2. Wyniki ankiety dotyczącej komputyki i myślenia komputacyjnego [opracowanie własne]

narnych pierwszego stopnia na Wydziale Inżynierii Łądowej Politechniki Warszawskiej z łącznej liczby 181 studentów uczestniczących w zajęciach, co daje frekwencję na poziomie 99%. Studenci podczas wykładów byli zapoznani z zagadnieniami komputyki i myślenia komputacyjnego. Ponieważ wykłady nie są obowiązkowe, ankieta była wzbogacona o definicje tych pojęć [2]. W ankiecie wykorzystano czteropunktową skalę Likerta [11]. Dwie możliwe odpowiedzi są „pozytywne” (całkowicie zgadzam się, zgadzam się) a dwie „negatywne” (nie zgadzam się, absolutnie nie zgadzam się). Wyniki ankiety, statystykę odpowiedzi na 16 zamkniętych pytań, przedstawiono dalej. Pokazują one olbrzymi potencjał komputyki i myślenia komputacyjnego. Graficznie zestawienie wyników pokazano na rysunku 2.

1. Zdecydowana większość, bo prawie 95% studentów, uważa, że znajomość komputyki pozwoli na znalezienie w przyszłości lepszej pracy.
2. Z drugiej strony prawie 25% ankietowanych uważa, że cele kariery zawodowej nie wymagają uczenia się komputyki.
3. Aż prawie 20% studentów wątpi, że może rozwiązywać problemy z wykorzystaniem aplikacji komputerowych.
4. Z drugiej strony prawie 90% spodziewa się używać oprogramowania w dalszej edukacji i pracy zawodowej.
5. Ponad 60% studentów uważa, że może otrzymać dobre lub bardzo dobre oceny w przedmiotach informatycznych, czemu niestety przeczy rzeczywistość.
6. Połowa z ankietowanych uważa, że to do nich odwołuje się wyzwanie do rozwiązywania problemów z wykorzystaniem informatyki.
7. Zdecydowana większość, bo aż prawie 96% respondentów, spodziewa się korzystać z aplikacji komputerowych w przyszłych projektach wykorzystujących narzędzia informatyczne.

8. Optymistyczne jest to, że aż 84% studentów jest przekonanych, że może się nauczyć rozumieć pojęcia z obszaru komputyki.
9. Niestety prawie połowa respondentów nie czuje się komfortowo podczas nauki koncepcji związanych z komputyką.
10. Ponad 70% studentów spodziewa się wykorzystywać umiejętności z obszaru komputyki w codziennym życiu.
11. Nieco ponad połowa z zapytanych osób ma nadzieję, że przyszła kariera zawodowa będzie wymagała użycia koncepcji z obszaru komputyki.
12. Prawie 70% studentów uważa, że informatyka jest interesująca.
13. Niestety tylko nieco ponad połowa studentów będzie dobrowolnie uczestniczyć w kursach komputerowych, jeśli będzie mieć taką okazję.
14. Prawie 90% studentów uważa, że myślenie komputacyjne może być zintegrowane z edukacją na uczelni w innych dziedzinach.
15. Trzy czwarte ankietowanych wyraża przekonanie, że myślenie komputacyjne powinno być zintegrowane z edukacją na uczelni w innych dziedzinach.
16. Zdecydowana większość, bo aż 93%, uważa, że posiadanie podstawowej wiedzy i rozumienia informatyki jest cenne samo w sobie.

Przedmioty informatyczne i komputerowe

Wyniki badań ankietowych pokazują, że komputyka i myślenie komputacyjne warte są zabiegów zmierzających do nadania im odpowiedniej rangi. Kwestia miejsca oraz znaczenia przedmiotów informatycznych i komputerowych w programie studiów warta jest pochylenia się nad nią. Wiele ośrodków akademickich zajmowało się poszukiwaniem właściwego paradygmatu [12] [13]. Szczególnie istotna jest tu rola programów

z grupy CAS (ang. Computer Algebra System), czyli tak zwanych pomocników matematycznych, które mogą być nicią zszywającą przedmioty podstawowe i konstrukcyjne. Jednym z takich programów, stosowanych z powodzeniem od lat, jest Mathcad [14]. Program ten może być wykorzystany zarówno w mechanice konstrukcji [15], jak i analizie konstrukcji betonowych [16]. Mamy także bogate krajowe doświadczenia w tym obszarze. Praca [17] pokazuje zastosowanie programu Mathcad w analizie konstrukcji kratowych. Wykorzystaniu programu Mathcad w edukacji inżynierskiej jest poświęcona także monografia [18]. W Polsce zdecydowana większość wyższych uczelni technicznych (zarówno o profilu badawczo-naukowym, jak i dydaktycznym) kształcących na kierunku budownictwo stosuje wspomaganie elektroniczne w postaci specjalistycznych programów komputerowych używanych na wszystkich etapach procesu budowlanego. Istotne jest jednak, aby to wykorzystywanie nie dotyczyło jedynie strony praktycznej. Tytułową pułapką jest więc pokusa sprowadzenia informatyki wyłącznie do umiejętności klikania i wprowadzania danych, choćby przez absurdalną likwidację wykładów z tego obszaru wiedzy, a prawdziwym wyzwaniem jest zapewnienie jej pozycji przedmiotu podstawowego.

Podstawy informatyki

Klasyczny przedmiot podstawy informatyki wzbogacony o wykłady z komputyki i myślenia komputacyjnego daje doskonale podstawy do studiowania. Część zajęć poświęcona obliczeniom i ich programowaniu pozostaje w synergii z przedmiotami z grupy mechanika. Zdobycie podstawowej wiedzy z algorytmiki w następnym kroku umożliwi studiowanie programowania wizualnego.

Programowanie wizualne

Idea programowania wizualnego ma już ponad dwie dekady [19]. Parametryczne mo-

delowanie zaawansowanych struktur architektonicznych ma znakomite podstawy matematyczne i informatyczne [20] oraz coraz częściej staje się istotnym elementem kształcenia inżynierów [21]. Przedmiot ten jest powiązany z podstawami informatyki i rysunkiem technicznym, a także stanowi znakomitą bazę do studiowania narzędzi BIM.

Rysunek techniczny

Rysunek techniczny jest w dużej mierze przedmiotem o charakterze praktycznym, wykorzystującym podstawy informatyki. W wersji zaawansowanej może korzystać z programowania wizualnego.

Metody numeryczne

Metody numeryczne to przedmiot wykorzystujący podstawy informatyki i system CAS. Stanowi podstawę i bazę dla metod obliczeniowych.

Metody obliczeniowe

Metody obliczeniowe (komputerowe) to dziś już klasyczny przedmiot o ponad trzydziestoletniej tradycji. Omawia w części wykładowej metodę elementów skończonych i podstawy optymalnego projektowania. Wiedza dotycząca modelowania i analizy konstrukcji prętowych może być wykorzystywana przez mechanikę konstrukcji i przedmioty konstrukcyjne, a ta dotycząca stacjonarnego przepływu ciepła – przez fizykę budowli. Podstawy optymalizacji mogą być wykorzystywane przez przedmioty technologiczne, a także konstrukcyjne. Przedmiot ten jest niezbędny, nie może być bowiem tak, że inżynierowie, wykorzystując zaawansowane oprogramowanie obliczeniowe, nie wiedzą, na jakich zasadach ono działa.

Narzędzia BIM

Ważne i istotne jest, aby studiowanie narzędzi BIM nie miało tylko charakteru czysto praktycznego [22]. Przedmiot ten w warstwie praktycznej i umiejętności wiąże oraz łączy w zasadzie wszystkie przedmioty zawodowe.

Programy specjalistyczne

Choć uczelnia, szczególnie uczelnia badawcza, nie powinna być miejscem praktycznego nauczania z konkretnych komercyjnych programów, studenci muszą mieć możliwość zapoznania się z programami specjalistycznymi związanymi ze ścieżką czy też profilem dyplomowania, takimi jak choćby programy wspomagające projektowanie, organizację i wykonawstwo oraz kosztorysowanie robót budowlanych.

Uwagi końcowe

Od tego, jakie miejsce będzie zajmować informatyka w inżynierii lądowej, zależy sytuacja przemysłu budowlanego w najbliższych dekadach. Już w 2003 roku powstała mono-

grafia dotycząca informatyki medycznej [23]. Drugie, zmienione i rozszerzone wydanie monografii informatyka ekonomiczna liczy ponad osiemset stron [24]. Informatyka budowlana czeka na swoich autorów na swoistym rozdrożu. Z jednej strony istnieje bowiem pokusa dostarczenia jedynie wiedzy praktycznej dotyczącej klikania, a drugiej – konieczność zapewnienia rzetelnych podstaw. Dziś, w dobie internetu, Google i Wikipedii, słynne powiedzenie Alberta Einsteina: „Každy glupek może wiedzieć, ważne jest, aby rozumieć” (*Any fool can know – the point is to understand*) – nabiera jeszcze większego znaczenia.

Literatura

- [1] B. Raphael and I.F.C. Smith, *Engineering Informatics: Fundamentals of Computer-Aided Engineering*, 2nd ed. New York: Wiley, 2013.
- [2] R.R. Gajewski and S. Grabiński, Komputyka i myślenie komputacyjne w rozwiązywaniu problemów dyscypliny inżynierii lądowa i transport, „Builder” 06 (275). DOI: 10.5604/01.3001.0014.1377
- [3] J. Corcoran, The founding of logic: Modern interpretations of Aristotle's logic, „Ancient Philosophy”, vol. 14, no. Special Issue, pp. 9–24, 1994.
- [4] B. Raphael and I.F.C. Smith, *Fundamentals of Computer-Aided Engineering*, 1 edition. Chichester Hoboken, NJ: Wiley, 2003.
- [5] J. M. Martin, Aristotle's natural deduction reconsidered, „History and Philosophy of Logic”, vol. 18, no. 1, pp. 1–15, 1997.
- [6] W.L. Benoit, Aristotle's example: The rhetorical induction, „Quarterly Journal of Speech”, vol. 66, no. 2, pp. 182–192, 1980.
- [7] I. Douven, Abduction, in *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, E.N. Zalta, U. Nodelman, and A. Collin, Eds. Stanford University, Stanford, CA: The Metaphysics Research Lab, Center for the Study of Language and Information, 2017.
- [8] T. Kapitan, Peirce and the autonomy of abductive reasoning, „Erkenntnis”, vol. 37, no. 1, pp. 1–26, 1992. doi: 10.1007/BF00220630.
- [9] G. Minnameirer, The Logicality of Abduction, Deduction and Induction, in „Ideas in Action: Proceedings of the Applying Pierce Conference”, vol. 1, M. Bergman, S. Paavola, A.-V. Pietarinen, and H. Rydenfelt, Eds. Helsinki: Nordic Pragmatism Network, 2010, pp. 239–251.
- [10] A. Yadav, N. Zhou, C. Mayfield, S. Hambrusch, and J.T. Korb, Introducing Computational Thinking in Education Courses, in *Proceedings of the 42nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, 2011, pp. 465–470.
- [11] R. Likert, A Technique for the Measurement of Attitudes, „Archives of Psychology”, no. 140, pp. 1–55, 1932.
- [12] B. Hodge and W. Steele, Computational Paradigms in Undergraduate Mechanical Engineering Education, in *Proceedings of the 2001 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*, Albuquerque, New Mexico, 2001, vol. 6, pp. 6.282.1–6.282.9.
- [13] B. Hodge and W.G. Steele, A survey of computational paradigms in undergraduate mechanical engineering education, „Journal of Engineering Education”, vol. 91, no. 4, pp. 415–417, 2002.
- [14] S.J. Ressler, R.C. O'Neill, C. Conley, and T.A. Lenox, Computers in The Integrated Civil Engineering Curriculum: A Time of Transition, presented at the Annual ASEE American Society for Engineering Education Conference, Milwaukee, Wisconsin, 1997, pp. 2.109.1–2.109.10.
- [15] R. Cedeño-Rosete, Stiffness matrix structural analysis educational package by Mathcad, „Computer Applications in Engineering Education”, vol. 15, no. 2, pp. 107–112, 2007.
- [16] M.S. Al-Ansari and A.B. Senouci, MATHCAD: Teaching and Learning Tool for Reinforced Concrete Design, „International Journal of Engineering Education”, vol. 15, no. 1, pp. 64–71, 1999.
- [17] M. Barszcz and M. Pashechko, Wykorzystanie programu Mathcad do rozwiązywania zagadnień inżynierskich na przykładzie konstrukcji kratowej, „Postępy Nauki i Techniki”, no. 10, pp. 140–150, 2011.
- [18] M. Pashechko, M. Barszcz, and K. Dziedzic, Zastosowanie programu Mathcad do rozwiązywania wybranych zagadnień inżynierskich. Lublin: Politechnika Lubelska, 2011.
- [19] M. Boshernitsan and M. Downes, Visual Programming Languages: A Survey, Computer Science Division (EECS) University of California, Berkeley, California, UCB/CSD-04-1368, 2004.
- [20] M. Stavric and M. Ognen, Parametric Modelling for Advanced Architecture, „International Journal of Applied Mathematics and Informatics”, vol. 5, no. 1, pp. 9–16, 2011.
- [21] D. Nezamaldin, Parametric design with Visual Programming in Dynamo with Revit (The conversion from CAD models to BIM and the design of analytical applications), KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Sverige, 2019.
- [22] D. Kasznia, J. Magiera, and P. Wierzchowicki, BIM w prakty-

ce. Standardy. Wdrożenie. Case Study. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN SA, 2017.

[23] R. Rudowski, *Informatyka medyczna*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN SA, 2003.

[24] S. Wrycza and J. Maślankowski, Eds., *Informatyka ekonomiczna. Teoria i zastosowania*, 2nd ed. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN SA, 2019.

DOI: 10.5604/01.3001.0014.2089

PRAWIDŁOWY SPOSÓB CYTOWANIA

Gajewski R. Robert, 2020, *Informatyka budowlana: wyzwania i pułapki*, „Builder” 07 (276). DOI: 10.5604/01.3001.0014.2089

Streszczenie: Celem pracy jest przedstawienie wyzwań i pułapek związanych z miejscem oraz rolą informatyki w budownictwie. W pierwszej części pracy pokazano, jak trzy klasyczne sposoby rozumowania są wykorzystywane w realizacji podstawowych zadań inżynierskich. Następnie zaprezentowano proces transformacji informacji w budownictwie. Omówione wyniki badań ankietowych świadczą o olbrzymim potencjale zastosowań komputyki i myślenia komputacyjnego w budownictwie. W ostatniej części pracy przedstawiono wzorcową sekwencję przedmiotów informatycznych oraz ich powiązania z innymi blokami tematycznymi.

Słowa kluczowe: komputyka, myślenie komputacyjne, informatyka budowlana

Abstract: CIVIL ENGINEERING INFORMATICS: CHALLENGES AND PITFALLS. Civil Engineering Informatics. The aim of the work is to present the challenges and pitfalls related to the place and role of computer science in construction. The first part of the work shows how three classic ways of reasoning are used in the implementation of basic engineering tasks. The process of transformation of information in construction was then presented. The results of the survey show the enormous potential of the use of computing and computational thinking in construction. The last part of the work presents a sample sequence of subjects related to computing and their links to other thematic blocks.

Keywords: computing, computational thinking, civil engineering informatics