

Harmonogramowanie powtarzalnych procesów budowlanych z zastosowaniem algorytmu rojowego

Dr inż. Michał Tomczak, dr hab. inż. Piotr Jaśkowski, prof. uczelni,
Wydział Budownictwa i Architektury, Politechnika Lubelska

1. Wprowadzenie

Realizacja przedsięwzięć budowlanych obejmuje często wykonanie wielu procesów powtarzalnych na obiektach danego zamierzenia budowlanego lub ich częściach, określanych mianem działek roboczych. Przedsięwzięcia tego typu w literaturze określa się jako powtarzalne [1–3]. Ze względu na specyfikę warunków realizacyjnych klasyczne metody planowania (metoda drogi krytycznej, metoda PD czy PERT) nie są przystosowane do wspomagania zarządzania tego typu przedsięwzięciami [4–6]. Stąd też opracowano liczne metody dedykowane projektowaniu realizacji powtarzalnych przedsięwzięć budowlanych, jak np. LSM (ang. *Linear Scheduling Method*) [7], RSM (ang. *Repetitive Scheduling Method*) [8] czy metoda TACT i e-TACT [9], a w Polsce metody potokowe, umożliwiające minimalizację czasu ich realizacji z uwzględnieniem różnej kombinacji sprzężeń czasowych pomiędzy środkami realizacji, frontami robót oraz sprzężeń diagonalnych i odwrotnie diagonalnych. Jednym z bardziej popularnych podejść do wspomagania zarządzania powtarzalnymi przedsięwzięciami budowlanymi, w przypadku dążenia do optymalizacji ze względu na wiele kryteriów, jest modelowanie matematyczne preferencji kierownictwa budowy co do celów optymalizacji wraz z uwzględnieniem narzuconych ograniczeń realizacyjnych, a następnie rozwiązanie opracowanego modelu za pomocą metod (zwykle o dużej złożoności obliczeniowej) lub heurystycznych, czy metaheurystycznych – w przypadku złożonych problemów harmonogramowania występujących w praktyce. Algorytmy metaheurystyczne podają ogólny schemat rozwiązania problemu optymalizacyjnego, oparty na procesach zachodzących w naturze, np. przystosowanie w procesie ewolucji. Przykładem algorytmów metaheurystycznych, często wykorzystywanych do rozwiązywania problemów harmonogramowania zwłaszcza w przemyśle, są algorytmy rojowe, których próbę zastosowania do rozwiązania analizowanego problemu podjęto w artykule.

2. Przegląd literatury

2.1. Metaheurystyczne algorytmy rojowe

Optymalizacja harmonogramów powtarzalnych przedsięwzięć budowlanych jest procesem trudnym i złożonym ze względu na następujące problemy [10–12]:

- liczba możliwych rozwiązań w przestrzeni poszukiwań jest tak duża, że uniemożliwia bądź pozbawia sensu zastosowania przeszukiwania wyczerpującego w celu znalezienia najlepszego rozwiązania,
- model problemu obejmuje zwykle wiele ograniczeń, co sprawia, że trudno jest wygenerować choćby jedno dopuszczalne rozwiązanie, a co dopiero znaleźć rozwiązanie optymalne,
- problem jest tak skomplikowany, że aby uzyskać rozwiązanie przy rozsądnym nakładzie czasu obliczeń, należy używać modeli problemu tak uproszczonych, że każde rozwiązanie jest praktycznie bezwartościowe,
- na wartość funkcji kryterialnej wpływa wiele zmiennych decyzyjnych, dlatego jest konieczny przegląd wielu rozwiązań dopuszczalnych dla różnej kombinacji ich wartości,
- osoba rozwiązująca problem nie posiada zwykle odpowiedniej wiedzy i umiejętności w zakresie rozwiązywania złożonych modeli matematycznych.

Ze względu na powyższe trudności w znajdowaniu rozwiązań problemu harmonogramowania powtarzalnych przedsięwzięć budowlanych ciągle poszukuje się coraz doskonalszych algorytmów pozwalających na znalezienie przybliżonego, ale jednak użytecznego rozwiązania. Jednym z najpopularniejszych podejść do znajdowania suboptymalnych rozwiązań rzeczywistych problemów jest wykorzystanie algorytmów metaheurystycznych. Wiele z nich zainspirowanych jest zjawiskami występującymi w naturze – obserwacja zachowań zachodzących w przyrodzie pozwala przenieść istniejące zjawiska na grunt procedur algorytmicznych [13].

Wśród licznych metod należących do tej grupy można wymienić:

- algorytmy ewolucyjne, w tym genetyczne, bazujące na mechanizmach ewolucji naturalnej,
- genetyczne algorytmy kwantowe wykorzystujące prawa fizyki kwantowej,
- sztuczne systemy immunologiczne oparte na procesach zachodzących w układzie odpornościowym,
- sztuczne sieci neuronowe, naśladujące procesy zachodzące w ludzkim mózgu,
- algorytmy symulowanego wyżarzania przypominające zjawisko wyżarzania znane z metalurgii,

- algorytmy stadne, nazywane także rojowymi, które czerpią z tzw. inteligencji roju społecznych organizmów żyjących w koloniach.

W ostatnich latach coraz większą popularność zdobywają algorytmy rojowe. Jednym z powodów takiego stanu rzeczy jest ich bardzo duża różnorodność i możliwość dopasowania do rozważanego problemu. Zbiorowości organizmów stanowią zdecentralizowany system złożony z autonomicznych jednostek, który można opisać przez pewne probabilistyczne zachowania – reakcje na bodźce. Podstawowe reguły ich postępowania są wynikiem lokalnych oddziaływań i gwarantują rozprzestrzenianie informacji wewnątrz kolonii oraz wpływają na postawy każdego osobnika. W zachowaniu stadnym koordynacja w grupie osobników odpowiada za organizację zadań wymaganych do rozwiązania określonego problemu, zaś właściwa komunikacja pozwala na dokonanie najlepszego wyboru przez wymianę informacji między osobnikami [13]. Typy organizmów oraz rodzaj zachowania stadnego, na którym wzorowana jest optymalizacja w dotychczas opracowanych algorytmach rojowych, zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Rodzaje organizmów stadnych, na zachowaniu których bazują algorytmy rojowe (źródło: własne, na podstawie [14])

Organizmy	Rodzaj zachowania stadnego
Mrówki (ang. <i>ants</i>)	Poszukiwanie pożywienia (ang. <i>foraging</i>)
Cząsteczki (ang. <i>particles</i>)	Skupianie się (ang. <i>aggregating</i>)
Pszczoły (ang. <i>bees</i>)	Poszukiwanie pożywienia (ang. <i>foraging</i>)
Masy (ang. <i>masses</i>)	Gromadzenie się (ang. <i>gathering</i>)
Wilki (ang. <i>wolves</i>)	Polowanie (ang. <i>preying</i>)
Nietoperze (ang. <i>bats</i>)	Echolokacja (ang. <i>echolocation</i>)
Bakterie (ang. <i>bacteria</i>)	Rozwój (ang. <i>growth</i>)
Ryby (ang. <i>fish</i>)	Skupianie się (ang. <i>aggregating</i>)
Ptaki (ang. <i>birds</i>)	Łączenie się w pary (ang. <i>mating</i>)
Delfiny (ang. <i>dolphins</i>)	Gromadzenie się (ang. <i>clustering</i>)
Małpy (ang. <i>monkeys</i>)	Wspinanie się (ang. <i>climbing</i>)
Muszki owocówki (ang. <i>fruit fly</i>)	Gromadzenie się (ang. <i>gathering</i>)
Robaczki świętojańskie (ang. <i>firefly</i>)	Gromadzenie się (ang. <i>gathering</i>)
Karaluchy (ang. <i>cockroaches</i>)	Poszukiwanie pożywienia (ang. <i>foraging</i>)
Kukułki (ang. <i>cuckoos</i>)	Podrzucanie potomstwa (ang. <i>brooding</i>)
Kryl (ang. <i>krill</i>)	Zaganianie (ang. <i>herding</i>)
Żaby (ang. <i>frogs</i>)	Skakanie (ang. <i>jumping</i>)

Ogólny schemat algorytmu rojowego można zapisać w następujący sposób [13]:

- kodowanie i inicjalizacja populacji początkowej rozwiązań i ocena ich jakości, do momentu, gdy zostaną spełnione kryteria zatrzymania się algorytmu, cykliczne powtarzanie następujących kroków:
 - identyfikacja sąsiedztwa bieżących osobników,
 - osobników reprezentujących najlepsze rozwiązania z sąsiedztwa,
 - akceptacja lub odrzucenie rozwiązań kandydujących,
 - utworzenie nowej populacji rozwiązań,
- odkodowanie najlepszych znalezionych rozwiązań.

2.2. Powtarzalne przedsięwzięcia budowlane

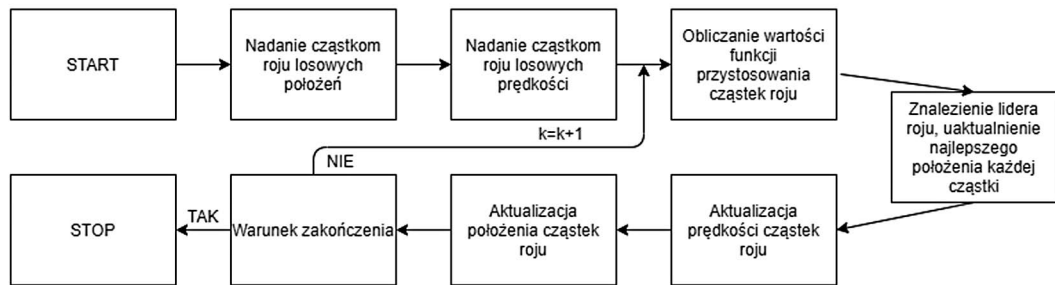
W niezwykle bogatej literaturze przedmiotu można odnaleźć różne narzędzia tworzone w celu optymalizacji harmonogramów budowlanych przedsięwzięć powtarzalnych. Do najczęściej używanych metod optymalizacji harmonogramów przedsięwzięć powtarzalnych należą metody dokładne rozwiązania modeli matematycznych w postaci programów liniowych [15–16] lub dynamicznych [17] oraz metody heurystyczne i metaheurystyki, m.in. algorytmy genetyczne [18–19] i inne bardziej zaawansowane [20–21]. Rozwijane są również podejścia wykorzystujące logikę rozmytą [22]. W części prac opracowano metody wyznaczania harmonogramów budowlanych w warunkach ryzyka z wykorzystaniem symulacji [23].

Niezależnie od sposobu rozwiązania lub modelowania problem harmonogramowania przedsięwzięć powtarzalnych był formułowany z uwzględnieniem następujących celów: minimalizacja całkowitego czasu realizacji przedsięwzięcia [24–25], zapewnienie dochowania terminu realizacji przedsięwzięcia [26], minimalizacja całkowitego kosztu realizacji przedsięwzięcia [27], poszukiwania kompromisu pomiędzy czasem i kosztem realizacji przedsięwzięcia [28], maksymalizacja efektywności pracy [29], odporności i niezawodności harmonogramu [30], zapewnienie ciągłości pracy zasobów (minimalizacja przestojów) [4, 16], minimalizacja kosztów przerw w pracy brygad [19] i kombinacja tych kryteriów [5, 31].

Przykładowo Sroka i inni [32] przedstawili model harmonogramowania powtarzalnych przedsięwzięć budowlanych w celu wspomaganie wyboru odpowiedniego sposobu ich realizacji i maksymalizacji zysku generalnego wykonawcy z uwzględnieniem wysokości kosztów bezpośrednich i pośrednich oraz kar umownych i kosztów przerw w pracy brygad roboczych oraz kosztów obsługi kredytowej. Model został rozwiązany za pomocą algorytmu hybrydowego wykorzystującego algorytm symulowanego wyżarzania oraz algorytm genetyczny. Działanie proponowanego modelu zostało zaprezentowane na przykładzie obliczeniowym, a uzyskane w nim wyniki są w pełni satysfakcjonujące.

Z kolei Tran, Chou i Luong [33] opracowali stochastyczny model minimalizujący czas realizacji powtarzalnego

Rys. 1. Schemat blokowy algorytmu optymalizacji rojem cząstek (źródło: własne, na podstawie [35])



przedsięwzięcia budowlanego uwzględniający różnicowane priorytety istotności procesów. Do rozwiązania opracowanego modelu wykorzystano nowe rozmyte hybrydowe podejście ewolucyjne, zwane podejściem sztucznej kolonii pszczół. Wyniki eksperymentalne wskazują, że proponowana metoda zapewnia najkrótszy średni czas realizacji przedsięwzięcia oraz najmniejsze odchylenie standardowe w stosunku do rozwiązania optymalnego spośród algorytmów wzorcowych rozpatrywanych w pracy.

Ci sami autorzy opracowali metodę poszukiwania harmonogramów kompromisowych ze względu na czas i koszt realizacji. W pracy [21] rozwinęto adaptacyjny algorytm wielokryterialnego przeszukiwania algorytmów symbiotycznych. W celu walidacji metody harmonogramowania, jak również w celu zademonstrowania możliwości wykorzystania nowego algorytmu do generowania rozwiązań, analizowano dwa studia przypadków. Uzyskane wyniki wskazują, że zaproponowany algorytm jest bardziej efektywny w porównaniu z podstawowym algorytmem przeszukiwania organizmów symbiotycznych oraz innymi analizowanymi w tej pracy.

Model opracowany przez Wanga i innych [34] umożliwia poszukiwanie kompromisu pomiędzy czasem, kosztem i jakością realizacji powtarzalnych przedsięwzięć budowlanych. Do znajdowania niezdominowanych rozwiązań opracowanego modelu zagadnienia autorzy wykorzystali algorytm NGSA (ang. *Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm*). Niewątpliwą zaletą ich podejścia jest uwzględnienie w sposób kwantytatywny jakości realizowanych robót.

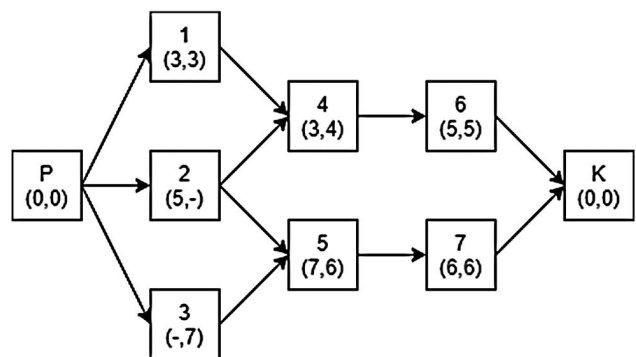
Algorytm genetyczny został również użyty przez Altuwaima i El-Rayesa [19] do jednoczesnego minimalizowania czasu realizacji powtarzalnego przedsięwzięcia budowlanego, czasu przerw w pracy brygad roboczych oraz kosztu tych przerw. Algorytm rozwiązania tego problemu obejmuje cztery moduły: optymalizacji, harmonogramowania początkowego, harmonogramowania pośredniego oraz wyznaczania kosztów przerw w pracy brygad.

3. Zastosowanie algorytmu rojowego do harmonogramowania powtarzalnych procesów budowlanych – przykład

Nowe metody harmonogramowania powtarzalnych przedsięwzięć budowlanych są w ostatnim dziesięcioleciu rozwijane

bardzo dynamicznie, bazując na coraz bardziej nowoczesnych i zaawansowanych technikach. Mimo to, bardzo trudno odszukać w literaturze przedmiotu przykłady zastosowań algorytmów rojowych do projektowania realizacji powtarzalnych przedsięwzięć budowlanych. Algorytmy te są niezwykle elastycznym oraz skutecznym narzędziem do znajdowania suboptymalnych rozwiązań nawet bardzo złożonych obliczeniowo problemów. Stąd też w niniejszej publikacji wykorzystano jeden z algorytmów rojowych (algorytm optymalizacji rojem cząstek) do ustalenia harmonogramu przykładowego przedsięwzięcia budowlanego. Schemat blokowy tego algorytmu przedstawiono na rysunku 1.

Analizowane przedsięwzięcie składa się z siedmiu rzeczywistych procesów oraz dwóch fikcyjnych: początku oraz końca przedsięwzięcia. Obejmuje ono realizację trzech identycznych roboczych budynków, stanowiących odrębne działki robocze. Na każdej z nich wykonywane są te same procesy. Zależności kolejnościowe pomiędzy procesami w obrębie jednej działki roboczej zostały przedstawione na rysunku 2. Do dyspozycji są dwie brygady: brygada B1 oraz B2. Mogą być one przydzielone do wykonania różnych procesów. Czasy realizacji poszczególnych procesów zostały przedstawione na rysunku 2 (czas realizacji procesów na poszczególnych działkach roboczych jest jednakowy). Ze względu na wykorzystanie efektu uczenia się brygada przydzielona do realizacji danego procesu będzie wykonywała go na wszystkich działkach roboczych.



Rys. 2. Model sieciowy procesów realizowanych na jednej działce roboczej przykładowego przedsięwzięcia budowlanego (w nawiasie podane są czasy realizacji poszczególnych procesów przedsięwzięcia przez brygadę B1 oraz B2, wyrażone w dniach roboczych; źródło: własne)

Rys. 3. Belkowy harmonogram realizacji przedsięwzięcia (rozwiązanie dla równych wag kryteriów optymalizacji; źródło: własne)

W ramach przykładu harmonogram realizacji przedsięwzięcia jednocześnie optymalizowano względem trzech równoważnych kryteriów:

- minimalizacja czasu realizacji przedsięwzięcia,
- minimalizacja przestojów w pracy brygad roboczych,
- minimalizacja czasu realizacji obiektów budowlanych, pozostająca w relacji z redukcją przestojów w pracy na frontach robót.

Przykład rozwiązano za pomocą algorytmu optymalizacji rojem cząstek. Czas obliczeń wyniósł 46,53 sekund. Otrzymany harmonogram przedstawiono na rysunku 3 w postaci wykresu belkowego. Brygady

B1 i B2 pracują bez przerwy, czas realizacji całego przedsięwzięcia wyniósł 57 dni roboczych, a realizacja każdego z obiektów budowlanych wyniosła średnio 46 dni roboczych.

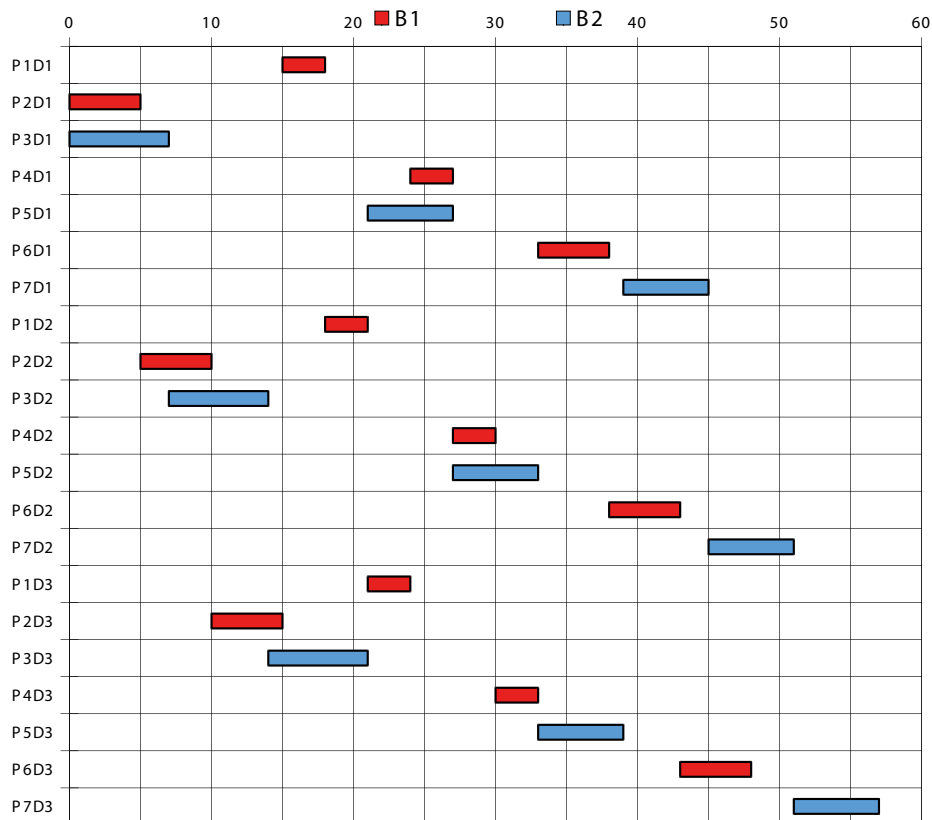
Opracowany algorytm może być zastosowany również do harmonogramowania realizacji procesów powtarzalnych na działkach niejednorodnych, umożliwiając znalezienie optymalnej kolejności realizacji działek. Obszerne przykłady jego zastosowania zaprezentowano w pracy [36].

4. Podsumowanie

W artykule zaprezentowano metodę harmonogramowania powtarzalnych przedsięwzięć budowlanych z wykorzystaniem jednego z algorytmów rojowych – algorytmu optymalizacji rojem cząstek. Przedstawiona w artykule metoda pozwala otrzymać rozwiązania kompromisowe ze względu na trzy kryteria optymalizacji: minimalizacja czasu realizacji obiektów budowlanych (działek roboczych) i całego przedsięwzięcia oraz minimalizacji przerw w pracy brygad. Otrzymane wyniki wskazują, że wykorzystanie algorytmów rojowych do harmonogramowania powtarzalnych przedsięwzięć budowlanych generuje bardzo dobre rezultaty oraz może wspomagać menadżerów budowlanych w znajdowaniu rozwiązań tego złożonego problemu.

BIBLIOGRAFIA

[1] Tomczak M., Jaśkowski P., The method of scheduling construction projects increasing the use of resources of the general contractor, Juozapaitis A., Daniūnas A., Juknevičius L. (Eds.), Vilnius Gediminas Technical University, 2019



- [2] Hegazy T., Abdel-Monem M., Saad D.A., Framework for enhanced progress tracking and control of linear projects. *Engineering, Construction and Architectural Management* 21(1), str. 94–110
- [3] Zou X., Zhang L., A constraint programming approach for scheduling repetitive projects with atypical activities considering soft logic, *Automation in Construction* 109
- [4] Tomczak M., Jaśkowski P., New approach to improve general contractor crew's work continuity in repetitive construction projects. *Journal of Construction Engineering and Management* 146 (5), 04020043
- [5] Tomczak M., Modeling of the harmonization method for executing a multi-unit construction project. *Open Engineering* 9 (1), str. 282–291
- [6] Su Y., Lucko G., Linear scheduling with multiple crews based on line-of-balance and productivity scheduling method with singularity functions, *Automation in Construction* 70, str. 38–50
- [7] Harmelink D. J., Rowings J. E., Linear scheduling model: Development of controlling activity path, *Journal of Construction Engineering and Management* 124(4), str. 263–268
- [8] Harris R. B., Ioannou P. G., Scheduling projects with repeating activities. *Journal of Construction Engineering and Management* 124(4), str. 269–278
- [9] Lee D., Kim D.-S., Kim G.-H., Kim S., Time reduction effect of the enhanced TACT method for high-rise residential buildings, *Journal of Civil Engineering and Management* 22(7), str. 944–953
- [10] Michalewicz Z., Fogel D. B., *Jak to rozwiązać czyli nowoczesna heurystyka*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa
- [11] Tran D. H., Optimizing time-cost in generalized construction projects using multiple-objective social group optimization and multi-criteria decision-making methods. *Engineering, Construction and Architectural Management*
- [12] Bakry I., Moselhi O., Zayed T., Optimized acceleration of repetitive construction projects. *Automation in construction* 39, str. 145–151
- [13] Kwiecień J., *Algorytmy stadne w rozwiązywaniu wybranych zagadnień optymalizacji dyskretnej i kombinatorycznej*, Wydawnictwa AGH, Kraków
- [14] Zhang S., Lee C. K. M., Chan H. K., Choy K. L., Wu Z., Swarm intelligence applied in green Logistics: A literature review. *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 27

- [15] Ipsilandis P. G., Multiobjective linear programming model for scheduling linear repetitive projects, *Journal of Construction Engineering and Management* 133(6), str. 417–424
- [16] Jaśkowski P., Tomczak M., Problem minimalizacji przestoju w pracy brygad generalnego wykonawcy w harmonogramowaniu przedsięwzięć budowlanych, *Przegląd Naukowy, Inżynieria i Kształtowanie Środowiska* 26(2), str. 193–201
- [17] Bakry I., Moselhi O., Zayed T., Optimized scheduling and buffering of repetitive construction projects under uncertainty, *Engineering, Construction and Architectural Management* 23(6), 782–800
- [18] Huang Y., Zou X., Zhang L., Genetic algorithm-based method for the deadline problem in repetitive construction projects considering soft logic, *Journal of Management in Engineering* 32(4), 04016002
- [19] Altuwaim A., El-Rayes K., Optimizing the Scheduling of Repetitive Construction to Minimize Interruption Cost, *Journal of Construction Engineering and Management* 144(7), 04018051
- [20] Duffy G. A., Oberlender G. D., Seok Jeong D. H., Linear scheduling model with varying production rates, *Journal of Construction Engineering and Management* 137(8), str. 574–582
- [21] Tran D.-H., Chou J.-S., Luong D.-L., Multi-objective symbiotic organisms optimization for making time-cost tradeoffs in repetitive project scheduling problem, *Journal of Civil Engineering and Management* 25(4), str. 322–339
- [22] Maravas A., Pantouvakis J. P., Fuzzy repetitive scheduling method for projects with repeating activities, *Journal of Construction Engineering and Management* 137(7), str. 561–564
- [23] Yoon J., & Yu I., Estimating normal duration of renovation for multistorey apartment building considering extension-type renovation projects, *Journal of Civil Engineering and Management* 25(2), str. 156–167
- [24] Radziszewska-Zielina E. & Sroka B., Planning repetitive construction projects considering technological constraints, *Open Engineering* 8(1), str. 500–505
- [25] Jaśkowski P., Biruk S., Minimizing the Duration of Repetitive Construction Processes with Work Continuity Constraints, *Computation* 7(1), 14
- [26] Dolabi H.R.Z., Afshar A., Abbasnia R., CPM/LOB scheduling method for project deadline constraint satisfaction, *Automation in Construction* 48, str. 107–118
- [27] Podolski M., Sroka B., Cost optimization of multiunit construction projects using linear programming and metaheuristic-based simulated annealing algorithm, *Journal of Civil Engineering and Management* 25(8), str. 848–857
- [28] Zou X., Fang S. C., Huang Y. S., Zhang L. H., Mixed-integer linear programming approach for scheduling repetitive projects with time-cost trade-off consideration, *Journal of Computing in Civil Engineering* 31(3), 06016003
- [29] Lucko G., Alves T. D. C., Angelim V. L., Challenges and opportunities for productivity improvement studies in linear, repetitive, and location-based scheduling, *Construction Management and Economics* 32(6), str. 575–594
- [30] Moreno F., Orozco F., Rojas O., Senior B., Poshdar M., Forcael E., A Fixed Start Scheduling Approach for Repetitive Construction Projects, *KSCIE Journal of Civil Engineering* 24, str. 1671–1682
- [31] Lucko G., Araújo L.G., Cates G.R., Slip chart-inspired project schedule diagramming: origins, buffers, and extension to linear schedules, *Journal of Construction Engineering and Management* 142(5), 04015101
- [32] Sroka B., Roslon J., Podolski M., Bożejko W., Burduk A., Wodecki M.: Profit optimization for multi-mode repetitive construction project with cash flows using metaheuristics, *Archives of Civil and Mechanical Engineering* 21(2), str. 1–17
- [33] Tran D. H., Chou J. S., Luong D. L., Optimizing non-unit repetitive project resource and scheduling by evolutionary algorithms, *Operational Research*, 1–27
- [34] Wang T., Abdallah, M., Clevenger C., Monghasemi S., Time-cost-quality trade-off analysis for planning construction projects, *Engineering, Construction and Architectural Management* 28(1), str. 82–100
- [35] Szczepanik M., Algorytmy rojowe w optymalizacji układów mechanicznych, *Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice*
- [36] Tomczak M., Metoda wykonania procesów wieloobiektowego przedsięwzięcia budowlanego, *Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin*



RENOWACJE

X KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA
 POD PATRONATEM
 MINISTRA INFRASTRUKTURY
 KOMITETU NAUKI PZITB
 PREZYDENTA MIASTA ZIELONA GÓRA
 REKTORA UNIwersYTETU ZIELONOGÓRSKIEGO

RENOWACJA BUDYNKÓW I MODERNIZACJA OBSZARÓW ZABUDOWANYCH

15–17 września 2021 r.
 Zielona Góra

TEMATYKA KONFERENCJI

Tematyka konferencji obejmuje następujące zagadnienia:

- rewitalizacja zasobów budowlanych;
- problemy remontowe budynków i budowli;
- adaptacja obiektów na cele użytkowe;
- renowacja budynków zabytkowych;
- modernizacja obszarów zabudowanych;
- problemy finansowania rewitalizacji;
- zagadnienia materiałowe, konstrukcyjne i wykonawcze w zakresie remontów i renowacji;
- renowacja w zrównoważonym rozwoju budownictwa;
- inne zagadnienia towarzyszące tematyce konferencji.

CEL KONFERENCJI

Celem konferencji jest prezentacja aktualnych wyników badań w zakresie renowacji budynków i modernizacji obszarów zabudowanych. Do udziału w konferencji zapraszamy pracowników naukowych, projektantów, wykonawców, producentów materiałów budowlanych oraz pracowników administracji rządowej i samorządowej.

KOMITET NAUKOWY

prof. dr hab. inż. Leonard Runkiewicz
 – przewodniczący

SEKRETARZ NAUKOWY

dr inż. Artur Juszczyk

KOMITET ORGANIZACYJNY

dr hab. inż. Beata Nowogórska, prof. UZ
 – przewodnicząca

WARUNKI UCZESTNICTWA

Kartę zgłoszenia uczestnictwa oraz streszczenia referatów należy przesłać na adres Komitetu Organizacyjnego:

Uniwersytet Zielonogórski

Institut Budownictwa „Renowacje”
 ul. prof. Z. Szafrana 1, 65–516 Zielona Góra
 tel. 068 3282 416; 068 3282 290;
 e-mail: renowacje@ib.uz.zgora.pl

Aktualne informacje znajdują się na stronie internetowej: www.renowacje.uz.zgora.pl