

PRACE NAUKOWE

Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu

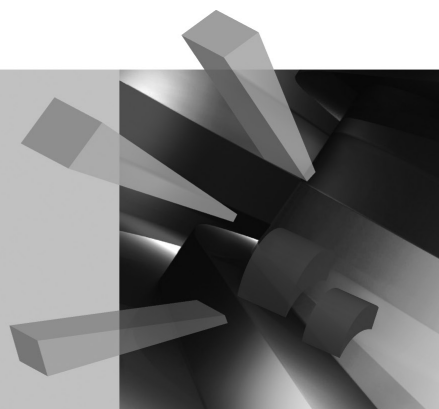
RESEARCH PAPERS

of Wrocław University of Economics

277

Zmiana warunkiem sukcesu

Współczesne uwarunkowania
i metody wspomaganie procesu
zarządzania zmianami



Redaktorzy naukowci

Jan Skalik

Joanna Kacała



Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu
Wrocław 2013

Redaktorzy Wydawnictwa: Elżbieta Kożuchowska, Barbara Majewska

Redaktor techniczny: Barbara Łopusiewicz

Korektor: K. Halina Kocur

Łamanie: Małgorzata Czupryńska

Projekt okładki: Beata Dębska

Publikacja jest dostępna w Internecie na stronach:

www.ibuk.pl, www.ebscohost.com,

The Central and Eastern European Online Library www.ceeol.com,

a także w adnotowanej bibliografii zagadnień ekonomicznych BazEkon

http://kangur.uek.krakow.pl/bazy_ae/bazekon/nowy/index.php

Informacje o naborze artykułów i zasadach recenzowania znajdują się

na stronie internetowej Wydawnictwa

www.wydawnictwo.ue.wroc.pl

Kopiowanie i powielanie w jakiegokolwiek formie

wymaga pisemnej zgody Wydawcy

© Copyright by Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

Wrocław 2013

ISSN 1899-3192

ISBN 978-83-7695-313-7

Wersja pierwotna: publikacja drukowana

Druk: Drukarnia TOTEM

Spis treści

Wstęp.....	11
------------	----

Część I. Przemiany modelu organizacyjnego przedsiębiorstwa

Anna Dziadkiewicz, Piotr Juchniewicz: Koncepcja zarządzania zmianą w organizacji.....	15
Krzysztof Machaczka: Ewolucja paradygmatów organizacji jako element zmiany praktyki zarządzania w wymiarze strategii przedsiębiorstwa.....	24
Bartłomiej J. Gabryś: Wybrane metody badawcze w niereprezentacyjnych próbach z perspektywy rozwoju przedsiębiorczej organizacji	33
Janusz Marek Lichtarski: Strategiczne zarządzanie projektami	40
Marek Krasiński: Zmiana modelu interakcji kulturowych w przedsiębiorstwach japońskich w Polsce.....	52
Beata Skowron-Mielnik: Zarządzanie zasobami ludzkimi w kontekście wyzwań demograficznych	61
Piotr Głowicki, Gabriel Łasiński, Gabriel Pawlak: Realizacja strategii CRS wybranych przedsiębiorstw poprzez przedsięwzięcia sportowe.....	70
Iwona Markowska-Kabała: Identyfikacja interesariuszy mających wpływ na zakres i przebieg zmian w systemie ochrony zdrowia.....	79
Sabina Ostrowska: Strategiczne zarządzanie wynikami a modelowanie przyszłych decyzji organizacji publicznej	89

Część II. Metodyczne wspomaganie zarządzania zmianami w organizacji

Joanna Kulczycka: Ekoefektywność w rozwoju i doskonaleniu organizacji .	103
Magdalena Hopej-Kamińska, Marian Hopej, Robert Kamiński: Epoki strukturalne	113
Agnieszka Bieńkowska, Anna Zgrzywa-Ziemak: Rezultaty stosowania TQM wspólnie z innymi metodami zarządzania.....	120
Jarosław Ropęga: Zagrożenie niepowodzeniem w procesie wprowadzania zmian w małych firmach.....	134
Alina Kozarkiewicz: Wartość dla interesariuszy w ocenie projektów i portfeli projektów – przesłanki koncepcji a wyniki badań empirycznych.....	144
Dariusz Porębski: Wykorzystanie strategicznej karty wyników w polskim szpitalu.....	155

Aldona Frączkiewicz-Wronka: Partnerstwo publiczno-społeczne jako instrument wielosektorowej polityki społecznej – perspektywa zarządzania publicznego.....	165
Bogdan Nogalski, Przemysław Niewiadomski: Implementacja wybranych metod szczupłego zarządzania produktem w elastycznym zakładzie wytwórczym	182
Anna Męczyńska, Anna Michna, Iwona Flajszok: Racjonalizacja podejmowania decyzji w sektorze publicznym na przykładzie jednostek oświatowych.....	195
Anna Kwiotkowska: Ewolucja przedsiębiorczych kompetencji w rozwoju przedsiębiorstw odpryskowych	207
Katarzyna Półtoraczyk: Motywowanie pracowników w klasycznych koncepcjach zarządzania a funkcjonowanie współczesnych organizacji	216
Marcin Klimek, Piotr Lebkowski: Nowoczesne metody harmonogramowania projektu w warunkach niepewności.....	224
Magdalena Dolata: Rola intuicji w zarządzaniu projektami.....	234

Część III. Społeczne i kulturowe uwarunkowania sukcesu organizacji

Maciej Malarski: Stymulacja zaangażowania pracowników szansą efektywnego przeprowadzenia zmiany organizacyjnej.....	245
Janina Stankiewicz, Marta Moczulska: Kształtowanie zaangażowania pracowników poprzez rywalizację i współpracę w świetle wyników badań... ..	254
Anna Wieczorek-Szymańska: Profile kompetencji menedżerów różnych szczebli zarządzania w sektorze krajowych, uniwersalnych banków komercyjnych	265
Piotr Głowicki, Gabriel Łasiński, Tomasz Olenderek: Audyt kompetencji menedżerskich na przykładzie wybranej organizacji	275
Anna Mazurkiewicz: Zarządzanie talentami w uzyskaniu przewagi strategicznej.....	285
Elżbieta Kowalczyk: Kompetencje negocjacyjne jako warunek skutecznego zarządzania zasobami ludzkimi	295
Joanna Mróz: Osobowościowe i kompetencyjne uwarunkowania sprawności działania współczesnego menedżera	306
Aneta Stosik, Aleksandra Leśniewska: Problem dopasowania jako wyzwanie dla współczesnych organizacji.....	315
Łukasz Sulkowski: Kulturowe uwarunkowania zmian organizacyjnych – cztery paradygmaty.....	322

Część IV. Sieci we współczesnych organizacjach

Arkadiusz Kawa: Sieci pionowe i poziome w gospodarce.....	333
--	-----

Magdalena Zalewska-Turzyńska: Granice organizacji sieciowej – z perspektywy komunikacyjnej	341
Wiesław Danielak: Normy relacyjne w procesie współdziałania małych i średnich przedsiębiorstw	350
Agata Austen: Koncepcja sieci w zarządzaniu publicznym: pomiar efektywności partnerstw lokalnych	360
Justyna Światowicz-Szczepańska: Architektura współpracy przedsiębiorstw	367

Summaries

Part. I. Transformations of enterprise's organizational model

Anna Dziadkiewicz, Piotr Juchniewicz: Idea of change management in business environment	23
Krzysztof Machaczka: Evolution of organization paradigms as an element of changes in the practices management in business strategy dimension.....	32
Bartłomiej J. Gabryś: Specific research methods for non-representative research: challenge from entrepreneurial growth perspective	39
Janusz Marek Lichtarski: Strategic project management	51
Marek Krasiński: The change of the cultural interactions model in Japanese companies operating in Poland	60
Beata Skowron-Mielnik: Human resource management in the context of demographic challenges	69
Piotr Głowicki, Gabriel Łasiński, Gabriel Pawlak: CSR strategy implementation of chosen enterprises through sports projects	78
Iwona Markowska-Kabała: Identification of stakeholders influencing the scope and course of changes in the healthcare	88
Sabina Ostrowska: Strategic performance management and modeling future decision in public organization	100

Part. II. Methodological support of management of changes in an organization

Joanna Kulczycka: Eco-efficiency in development and advancement of organization.....	112
Magdalena Hopej-Kamińska, Marian Hopej, Robert Kamiński: Structural epochs	119
Agnieszka Bieńkowska, Anna Zgrzywa-Ziemak: The effects of TQM in conjunction with other management methods	130
Jarosław Ropęga: Danger of failure in the process of changes implementation in small companies	143

Alina Kozarkiewicz: Value for stakeholders in project and project portfolio assessment – basic assumptions and results of empirical research.....	154
Dariusz Porębski: The use of Balanced Scorecard in Polish hospital	164
Aldona Frączkiewicz-Wronka: Public-private partnerships as an instrument of multi-sectoral public policy – public management perspective.....	181
Bogdan Nogalski, Przemysław Niewiadomski: Implementation of selected methods of lean management with a product at a flexible production plant	194
Anna Męczyńska, Anna Michna, Iwona Flajszoł: Decision-making rationalization in public sector in case of educational institutions	206
Anna Kwiotkowska: The evolution of entrepreneurial competencies in spin-off venture's development	215
Katarzyna Półtoraczyk: Employees' motivating in classical management concepts vs. functioning of contemporary organizations	223
Marcin Klimek, Łebkowski Piotr: Modern methods of project's scheduling in uncertainty conditions.....	233
Magdalena Dolata: Role of intuition in projects management	242

Part. III. Social and cultural determinants of success of organization

Maciej Malarski: Stimulation of employees' engagement as a chance for effective change introduction.....	253
Janina Stankiewicz, Marta Moczulska: Development of employees' engagement through competition and cooperation – research results.....	264
Anna Wieczorek-Szymańska: The profiles of competencies of managers on different levels of management in national universal commercial banks...	274
Piotr Głowicki, Gabriel Łasiński, Tomasz Olenderek: Competence management audit on the example of chosen organization	284
Anna Mazurkiewicz: Talent management in the achievement of strategic advantage.....	294
Elżbieta Kowalczyk: Competence in negotiating as a condition of effective human resource management	305
Joanna Mróz: Personal and competence determinants of efficiency of the modern manager	314
Aneta Stosik, Aleksandra Leśniewska: Problem of adjustment as a challenge for a contemporary organization	321
Łukasz Sułkowski: Cultural conditions of organizational changes – four paradigms.....	330

Part. IV. Network of contemporary organizations

Arkadiusz Kawa: Vertical and horizontal business networks in economy	340
---	-----

Magdalena Zalewska-Turzyńska: The boundaries of network organization – the communication perspective	349
Wiesław Danielak: Relational norms in the process of cooperation between small and medium enterprises	359
Agata Austen: Network theory in public management: effectiveness mea- surement of local partnership.....	366
Justyna Światowiec-Szczepańska: Architecture of firms' cooperation	375

Marcin Klimek

Państwowa Szkoła Wyższa w Białej Podlaskiej

Piotr Łebkowski

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

NOWOCZESNE METODY HARMONOGRAMOWANIA PROJEKTU W WARUNKACH NIEPEWNOŚCI

Streszczenie: Aby osiągać sukces w realizacji projektów, przedsiębiorstwa muszą dostosowywać się do zmieniających się warunków otoczenia. Jednym z ważnych czynników decydujących o sukcesie jest umiejętność szybkiego wdrażania nowoczesnych metod planowania projektu. W artykule przedstawiono skuteczne praktyczne i teoretyczne rozwiązania z harmonogramowania projektu w warunkach niepewności towarzyszącej rzeczywistym przedsięwzięciom. Zaprezentowano coraz częściej stosowaną w przedsiębiorstwach metodę łańcucha krytycznego, w której zabezpieczana jest terminowość wykonania całego przedsięwzięcia. Następnie opisano proaktywne (odporne) harmonogramowanie, podejście, w którym chronione są terminy rozpoczęcia poszczególnych zadań i termin zakończenia całego projektu. Przedstawiono również autorski model, w którym zabezpieczana jest terminowa realizacja umownych etapów projektu. Na koniec porównano opisane podejścia.

Słowa kluczowe: harmonogramowanie projektu, łańcuch krytyczny, harmonogramowanie proaktywne, kamienie milowe.

1. Wstęp

W ostatnich latach projekty (określane też w wielu pracach jako przedsięwzięcia) są coraz częściej realizowane w licznych obszarach działalności przedsiębiorstw. Ponad 25% działalności gospodarczej nadaje się do zarządzania przez projekty [Brilman 2002]. Także w Polsce wiele przedsiębiorstw prowadzi działalność w ramach projektów realizowanych w celu wykonania niepowtarzalnego wyrobu lub usługi, np. w sektorach: prac publicznych, budowlanym, IT itp. [Banaszak, Józefowska (red.) 2003].

W przedsiębiorstwie podejmowanych jest wiele decyzji dotyczących harmonogramowania działań, zadań, przedsięwzięć. Na podstawie planowanych terminów rozpoczęcia i zakończenia poszczególnych zadań koordynowane jest wykorzystanie zasobów (maszyn, pracowników), zamawiane są materiały niezbędne do realizacji

zadań, prognozowane są przepływy pieniężne itp. W związku z tym zastosowanie nowoczesnych metod planowania, harmonogramowania realizacji zadań może przynieść przedsiębiorstwu wymierne korzyści.

Wybór odpowiedniej metody harmonogramowania jest istotnym zagadnieniem. Wiele przedsiębiorstw stosuje znane techniki sieciowe, tj. metodę ścieżki krytycznej CPM (*Critical Path Method*) lub stochastyczną technikę PERT (*Program Evaluation and Review Technique*), które nie sprawdzają się w wielu projektach, np. realizowanych przy ograniczonej dostępności zasobów (metody CPM, PERT pomijają problem ograniczoności zasobów). Obecnie w badaniach i w praktyce proponowane są metody umożliwiające eliminowanie konfliktów zasobowych.

Stosowanie klasycznych technik, tj. CPM, PERT, często prowadzi do opóźnień i niepowodzeń w realizacji projektów (jedynie ok. 40% projektów jest realizowanych na czas). Konieczna jest zmiana podejścia i stosowanie nowych rozwiązań, które mogą doprowadzić do sukcesów przedsiębiorstwa w realizacji przedsięwzięć. Duże wyzwanie stanowi zwłaszcza planowanie realizacji innowacyjnego, złożonego przedsięwzięcia w warunkach zmieniającego się otoczenia, przy nieprzewidywalnych oczekiwaniach i wymaganiach klientów, w sytuacji niepewności wynikającej z unikalności, nowatorstwa projektu itp. Przy takich przedsięwzięciach często zrealizowane czasy trwania zadań różnią się od planowanych. W związku z tym niepewność dotycząca na przykład czasów realizacji zadań jest jednym z elementów niezbędnych do uwzględnienia przy harmonogramowaniu projektu [Józefowska, Węglarz (red.) 2006].

W obecnych rozwiązaniach z zakresu planowania projektu, tj. w metodzie łańcucha krytycznego CCPM (*Critical Chain Project Management*), harmonogramowaniu proaktywnym (*proactive scheduling*), dąży się do ograniczenia przeszacowywania planowanych czasów trwania zadań. Przyjmowanie estymat bezpiecznych czasów trwania (dłuższych planowanych czasów realizacji) czynności jest mniej efektywne niż agresywnych (krótszych planowanych czasów realizacji). Przy zastosowaniu oszacowań bezpiecznych wykonanie zadania i tak z reguły, w związku z występowaniem prawa Parkinsona¹ i syndromu studenta², wypełnia cały dostępny czas, a nawet niewiele rzadziej niż przy estymatach agresywnych występują opóźnienia. Prawo Parkinsona i syndrom studenta występują przede wszystkim w związku z realizowaniem projektu przez zasoby ludzkie.

Nowoczesne metody harmonogramowania projektu przyjmują jako planowane estymaty agresywne czasów trwania zadań. Planowanie projektu z mniejszymi osza-

¹ Prawo Parkinsona – praca wypełnia zawsze cały planowany czas, czynności nie kończą się wcześniej, nawet jeśli przeznaczono na nie więcej czasu niż było to potrzebne, np. pracownicy planują swoją pracę tak, aby zajmowała cały dostępny czas.

² Syndrom studenta – tendencja do wykonywania zadania na „ostatnią chwilę” niezależnie od ilości posiadanego czasu na jego realizację. Syndrom prowadzi do przekraczania terminu realizacji zadania, mimo dużego zapasu czasu, z powodu świadomego opóźniania momentu rozpoczęcia zadań, związanego z własnym, często błędnym, szacowaniem czasu trwania prac.

cowaniami czasów trwania zadań umożliwia „rozdysponowanie” dostępnej (uzyskanej dzięki estymatom agresywnym) rezerwy czasowej na zabezpieczenie uszeregowania (np. przez wstawienie buforów czasowych i/lub zasobowych) w miejscach najbardziej narażonych na zakłócenia i w tych, w których koszt zaburzeń byłby największy. Występuje jednak pewne niebezpieczeństwo, że przyjęcie zbyt małych czasów realizacji zadań może spowodować niską jakość wykonanych czynności i/lub zakłócić harmonogram (np. utrudnić koordynację zasobów) przez częstsze opóźnienia w rozpoczynaniu innych zadań.

W artykule przedstawione są skuteczne praktyczne i teoretyczne metody harmonogramowania projektu w warunkach niepewności. Zaprezentowano coraz częściej stosowaną w przedsiębiorstwach metodę łańcucha krytycznego CCPM (*Critical Chain Project Management*), zabezpieczającą terminowość realizacji przedsięwzięcia. Gdy istotna jest terminowość rozpoczynania poszczególnych zadań, przydatne może być, opisane w dalszej części artykułu, proaktywne (odporne) harmonogramowanie. W przypadku projektów rozliczanych etapowo autorzy proponują model proaktywnego harmonogramowania, w którym zabezpieczana jest terminowa realizacja umownych etapów projektu.

2. Metoda łańcucha krytycznego i zarządzania buforami

W praktyce planowania projektów coraz częściej wykorzystywana jest metodyka CCPM, która określa nowe zasady sporządzania harmonogramu i kontroli postępu prac. W metodyce tej stosuje się metodę łańcucha krytycznego i zarządzania buforami CC/BM (*Critical Chain/Buffer Management*), opartą na teorii ograniczeń (TOC – *Theory of Constraints*) [Goldratt 1997]. Łańcuch krytyczny to zbiór czynności determinujących całkowity czas realizacji przedsięwzięcia, znaleziony przy uwzględnieniu ograniczeń kolejnościowych i zasobowych (przy nieograniczonej dostępności zasobów definicja łańcucha krytycznego pokrywa się z definicją ścieżki krytycznej).

Metoda łańcucha krytycznego wprowadza nowe podejście do harmonogramowania i kontroli realizacji przedsięwzięć. Zamiast dodawania buforów bezpieczeństwa (czasowych) do poszczególnych zadań, tworzone są wspólne „bufory”, umieszczane w strategicznych miejscach projektu. W harmonogramie wprowadzana jest dodatkowa rezerwa czasowa, tzw. bufor projektowy (PB – *Project Buffer*), zabezpieczający terminowość realizacji projektu, znajdujący się na końcu łańcucha krytycznego. Wstawiane są także bufory czynności niekrytycznych (spoza łańcucha krytycznego), tzw. bufory zasilające (FB – *Feeding Buffers*), znajdujące się w miejscach, w których czynności spoza łańcucha krytycznego łączą się z tym łańcuchem. Bufory zasilające mają chronić przed zakłóceniem przebiegu wykonywania czynności krytycznych.

Do nieprzerwanej realizacji poszczególnych zadań z łańcucha krytycznego niezbędne jest zapewnienie ciągłej dostępności zasobów je realizujących. Aby zmniejszyć prawdopodobieństwo opóźnionego rozpoczęcia zadań krytycznych, wstawiane

są dodatkowe buforory zasobów (RB – *Resource Buffers*), które w planowanym harmonogramie gwarantują wcześniejszą dostępność zasobów dla czynności z łańcucha krytycznego.

W badaniach i w praktyce stosowane są różne strategie określania rozmiarów buforów PB, FB, RB [Milian 2004]. W metodzie CC/BM nie ma śledzenia terminowości rozpoczynania zadań, monitorowany jest jedynie stan bufora łańcucha krytycznego. Kontrola zużycia czasu buforów w odniesieniu do zaawansowania prac ma na celu wczesne ostrzeżenie przed zagrożeniem opóźnień i ma umożliwić podjęcie działań zapobiegawczych. Jest wiele różnych praktycznych zasad określających, kiedy podejmować środki zaradcze. Na przykład przyjmuje się, że zużycie bufora projektu mniejsze niż jedna trzecia jego wielkości nie stanowi niebezpieczeństwa dla terminowości zakończenia projektu, natomiast działania zapobiegawcze muszą być bezwzględnie podjęte po zużyciu dwóch trzecich wielkości bufora. W CCPM dąży się także do wyeliminowania wielozadaniowości jako techniki obniżającej wydajność pracy.

Zadania niekrytyczne rozpoczynane są możliwie najpóźniej, przy uwzględnieniu buforów, zgodnie z zasadą ALAP (*As Late As Possible*). Prowadzi to do zwiększenia wartości bieżącej netto projektu NPV (*Net Present Value*) z powodu opóźnienia w czasie wydatków związanych z rozpoczynaniem i wykonywaniem zadań.

Metodyka CCPM przyczyniła się do skrócenia czasu wykonania licznych rzeczywistych projektów w wielu branżach przemysłu. Stosowali i stosują ją z powodzeniem m.in. producenci oprogramowania i sprzętu komputerowego (Dell, Seagate, Sun Microsystems, Intel, Microsoft, AMD), firmy dostarczające sprzęt, oprogramowanie oraz usługi dla systemów komunikacyjnych (Ericsson, Alcatel), koncerny przemysłu zbrojeniowego i lotniczego (Boeing, Lockheed Martin, United States Air Force), firmy kosmetyczne i chemiczne (Procter & Gamble, Colgate Palmolive). Wdrażaniem CCPM zajmuje się AGI-GOLDRATT Institute – firma twórcy koncepcji Goldratta, która posiada patent na te rozwiązania. Istnieją liczne programy komputerowe generujące rozwiązania CCPM, np.: ProChain, Scitor, CCPM+.

Metodyka CCPM za główny cel stawia skrócenie czasu trwania przedsięwzięcia przez ochronę zadań z łańcucha krytycznego (terminowość rozpoczynania poszczególnych zadań nie jest istotna). Wdrożenia potwierdzają skuteczność CCPM – projekty realizowane są w czasie krótszym o ok. 20-30% niż projekty harmonogramowane metodą ścieżki krytycznej CPM. Metoda łańcucha krytycznego jest skuteczna, ale nie dla każdego przedsięwzięcia. Przy korzystaniu z CCPM utrudnione jest m.in. precyzyjne zaplanowanie alokacji zasobów (pracowników, maszyn) pomiędzy kilkoma projektami i kontraktowanie pracy podwykonawców itp.

Stosowanie CCPM nie jest odpowiednie przy realizacji przedsięwzięć, w których poza dotrzymaniem terminu wykonania całego projektu, istotne jest zachowanie stabilności harmonogramu (m.in. terminowe rozpoczynanie zadań). Sterowanie projektem na podstawie dokładnie realizowanego, stabilnego harmonogramu usprawnia organizację prac projektowych [Herroelen, Leus 2005; Klimek 2010] przez łatwiej-

szą koordynację zasobów (przebrojenia, przygotowanie pracowników). Możliwe jest także realizowanie strategii dostaw materiałów, surowców „dokładnie na czas” (JIT – *Just-In-Time*). Im większa liczba zmian w zrealizowanym uszeregowaniu w odniesieniu do uszeregowania planowanego, tym większa dezorganizacja procesu realizacji projektu.

3. Harmonogramowanie proaktywne

Jednym z najskuteczniejszych podejść zmniejszających negatywny wpływ zakłóceń na stabilność projektu jest harmonogramowanie proaktywne [Demeulemeester, Herroelen 2010; Herroelen, Leus 2005; Van de Vonder i in. 2007]. Harmonogram proaktywny, zwany też odpornym (*robust schedule*), to z definicji harmonogram o mniejszej podatności na zaburzenia produkcyjne, cechujący się zdolnością do zmniejszania skutków m.in. niewielkich wzrostów czasów trwania czynności wywołanych przez niekontrolowane czynniki (tj. warunki atmosferyczne, awarie itp.) [Herroelen i Leus 2005].

Podczas planowania projektu na początku tworzony jest harmonogram nominalny optymalizujący kryteria wydajnościowe, bez uwzględniania niepewności. Uszeregowanie nominalne staje się uszeregowaniem bazowym podczas harmonogramowania proaktywnego (odpornego), którego celem jest przeciwdziałanie niestabilności harmonogramów nominalnych z uwzględnieniem zmienności i niepewności parametrów systemu (np. statystycznej wiedzy o zakłóceniach, wynikającej z wcześniej zrealizowanych podobnych zadań, projektów).

W badaniach z harmonogramowania proaktywnego stosowane są m.in. następujące techniki [Herroelen, Leus 2005; Van de Vonder i in. 2007]: nadmiarowości, redundancji (*redundancy-based techniques*), harmonogramowanie warunkowe, wariantowe (*contingent scheduling*), tworzenie częściowo uporządkowanych uszeregowowań (POS – *Partial Order Schedules*), analiza wrażliwości (*sensitivity analysis*).

Harmonogram najczęściej jest uodporniany przez stosowanie technik redundancji, jak alokacja buforów czasowych, zasobowych. Alokacja buforów sprowadza się do wstawiania buforów zasobowych i/lub czasowych przed zadaniami (lub po zadaniach) w celu uodpornienia uszeregowania między innymi na czasową niedostępność zasobów (np. awarie maszyn) i na zmienność czasów trwania czynności [Herroelen, Leus 2005]. Odpowiednie rozmieszczenie buforów czasowych jest istotne z punktu widzenia kosztów realizacji projektu. Przy określaniu wielkości buforów czasowych wstawianych przed zadanie (lub po nim) brane są pod uwagę m.in.: zmienność wszystkich zadań poprzedzających dane zadanie (określona np. odchyleniem standardowym ich czasów realizacji), która ma wpływ na prawdopodobieństwo, że analizowane zadanie rozpocznie się planowo; wagi (koszty niestabilności) przypisane danemu zadaniu i wagi zadań je poprzedzających i następujących po nim, gdyż wskazują one, jaki jest koszt opóźnionego rozpoczęcia (zakończenia) analizowanego zadania. W badaniach opracowano wiele algorytmów alokacji buforów

[Demeulemeester, Herroelen 2010; Herroelen, Leus 2005; Van de Vonder i in. 2007; Klimek i Łebkowski 2009], które rozmieszczają bufora na przykład dla zadań realizowanych przy użyciu awaryjnych maszyn, o największym koszcie niestabilności, o największym prawdopodobieństwie zakłócenia itp.

Harmonogramowanie warunkowe polega na stworzeniu różnych wariantów uszeregowania proaktywnego, które podczas realizacji przedsięwzięcia będą wybierane w przypadku wystąpienia zakłóceń planu. Różne warianty uszeregowania generowane są jedynie w miejscach najbardziej narażonych na zakłócenia. Harmonogramowanie warunkowe jest wydajniejsze od harmonogramowania z alokacją buforów, ale ze względu na dużą złożoność obliczeniową (konieczność tworzenia wielu wariantów uszeregowania) stosuje się je do małych projektów.

Mniej kosztowne obliczeniowo jest generowanie harmonogramów częściowo uporządkowanych POS, opierających się na koncepcji tworzenia elastycznych uszeregowania czynności. Szukane są na przykład podzbiory czynności przydzielonych do tego samego zasobu, które mogą być „mieszane” między sobą bez naruszenia ograniczeń kolejnościowych. Harmonogramy POS są elastyczne (każde z zadań może być rozpoczęte w przedziale czasowym, a nie w konkretnym momencie) i odporne na zakłócenia. Wadą POS jest niewystarczająca koordynacja zasobów i utrudniona organizacja realizacji przedsięwzięcia, wynikająca z nieprecyzyjnie określonego harmonogramu.

Ostatnia z analizowanych technik proaktywnych, tzn. analiza wrażliwości, bada wpływ zmiany parametrów (tj. czasu trwania zadań) realizowanego projektu, systemu, na jakość harmonogramu bazowego. Rozważa kwestię, w jakim zakresie mogą się zmieniać wartości parametrów systemu, aby otrzymane rozwiązanie pozostało na akceptowalnym poziomie. Obliczany jest graniczny poziom występowania zaburzeń, przy którym możliwe jest osiągnięcie wystarczającej jakości harmonogramu. Do realizacji wybierane są uszeregowania najmniej wrażliwe na możliwe zakłócenia.

Celem harmonogramowania proaktywnego jest minimalizacja zmian w harmonogramie spowodowanych wahaniem czasów trwania zadań. Rozważany jest między innymi problem zabezpieczenia terminowego wykonania całego projektu oraz zagadnienie minimalizacji ważonego kosztu niestabilności poszczególnych zadań [Herroelen, Leus 2005].

Badania wskazują, że stosowanie harmonogramowania odpornego daje wymierne korzyści, zwiększa stabilność realizowanego harmonogramu, przez co zmniejsza koszty wykonania projektu (np. w porównaniu z projektami realizowanymi z wykorzystaniem metodyki CCPM) [Demeulemeester, Herroelen 2010; Herroelen i Leus 2005].

4. Harmonogramowanie projektu ze zdefiniowanymi umownymi etapami projektu

Badania z harmonogramowania przedsięwzięcia w warunkach niepewności koncentrują się na zabezpieczeniu terminowego wykonania całego projektu lub pojedynczych zadań, a nie na umownych etapach projektu (kamieniach milowych). Ochrona

jedynie terminu realizacji przedsięwzięcia jest niewystarczająca. Etapowe rozliczanie zleceń jest spotykane przy realizacji rzeczywistych projektów i powinno być uwzględnione podczas harmonogramowania proaktywnego.

W praktyce często klienci i wykonawcy podczas realizacji projektu umawiają się na etapowe rozliczanie prac. Klient płaci wykonawcy umowne kwoty za terminowe wykonanie określonych zadań. Pojawiające się opóźnienia pociągają za sobą zwykle kary, np. kary umowne. Natomiast terminowa realizacja może wiązać się z zapłatą za wykonanie danego etapu projektu. Podczas realizacji przedsięwzięcia zwykle definiowanych jest kilka kamieni milowych, w szczególnie istotnych momentach wykonania prac, które zapewnią kontrolę przebiegu realizacji zadań podczas całego przedsięwzięcia.

Zastosowanie etapowego rozliczania projektu (z systemem kamieni milowych) jest korzystne przede wszystkim dla wykonawcy. Wykonawca może otrzymywać wcześniejsze płatności od klienta za wykonane zadania, które może przeznaczyć na wykonywanie nowych czynności, zakup materiałów itp., bez konieczności kredytowania czy samofinansowania działalności. Wcześniejsze wykonywanie płatności nie jest korzystne dla zleceniodawcy, ale z drugiej strony dzięki zastosowaniu systemu kamieni milowych zleceniodawca może kontrolować przebieg projektu i zmniejszać ryzyko jego niepowodzenia.

System kamieni milowych można zdefiniować podobnie jak w pracy: [Klimek 2010]. Zadania mają określone nieprzekraczalne terminy ich zakończenia. Kolejne kamienie milowe (etapy projektu) tworzą czynności, które mają zdefiniowany identyczny termin realizacji ($\delta_i \neq 0$). Niech to będzie zbiór zadań bezpośrednio związanych z j ym etapem projektu, zawierający wszystkie czynności o identycznym nieprzekraczalnym terminie zakończenia (patrz wzór 1).

$$M_j = \{i: \delta_i = MT_j, i \in V\}, \quad (1)$$

$$MT_j \leq MT_{j+1}, \quad j \in \langle 1, m \rangle, \quad (2)$$

gdzie: δ_i – umowny termin zakończenia zadania i , wynikający z przynależności zadania do danego etapu projektu; m – liczba umownych etapów projektu; MT_j – umowny termin realizacji j -tego etapu projektu.

Zapewnienie kontroli przebiegu prac podczas trwania całego przedsięwzięcia jest osiąganego przez równomierne rozłożenie terminów realizacji kamieni milowych MT_j podczas wykonywania całego przedsięwzięcia.

Kamienie milowe to grupy zadań, które należy zakończyć w danym etapie rozliczeniowym projektu. Nieterminowa realizacja kamieni milowych generuje koszty dla wykonawcy w postaci kar umownych, które zmniejszają transfery pieniężne za wykonanie danego etapu projektu. Nieterminowe rozpoczęcie zadania (opóźnione w porównaniu z bazowym uszeregowaniem) może powodować dodatkowe obciążenia finansowe dla wykonawcy, związane na przykład z koniecznością magazynowania materiałów.

Jako główne czynniki decydujące o przydatności proaktywnego harmonogramowania ze zdefiniowanymi umownymi etapami projektu w zastosowaniach praktycznych można wymienić np. [Klimek 2010]:

- narzucenie przez klienta (lub wykonawcę) podziału projektu (i jego rozliczania) na umowne etapy ze zdefiniowanymi nieprzekraczalnymi terminami ich wykonania,
- występowanie niepewności podczas realizacji zadań, zmienność czasów trwania czynności, trudność ich oszacowania,
- duże znaczenie stabilności przy realizacji przedsięwzięcia, korzyści finansowe i organizacyjne wynikające z planowej realizacji harmonogramu proaktywnego itp.

5. Podsumowanie

Nieterminowość realizacji przedsięwzięć w warunkach niepewności jest problemem występującym w praktyce przy harmonogramowaniu przedsięwzięć tradycyjnymi metodami sieciowymi. Wykonawcy stosujący klasyczne podejście (m.in. metodę CPM) często przekraczają umowne terminy, co wiąże się na przykład z koniecznością opłacenia kar umownych, zwiększeniem kosztów produkcji itp. W artykule przedstawione są rozwiązania, które mogą wspomóc planistów i zwiększyć szanse na sukcesy przedsiębiorstw przy realizacji projektów. Mogą być przydatne zwłaszcza do projektów, w których trudno oszacować czasy realizacji zadań, tzw. projektów „inwencyjnych”.

W tabeli 1 przedstawione jest porównanie metod planowania projektu stosowanych w praktyce z proponowanym przez autorów rozwiązaniem.

W nowoczesnych metodach, np. CCPM, proaktywne harmonogramowanie ograniczane jest praktyką przeszacowywania czasów trwania czynności (zamiast estymat bezpiecznych stosowane są estymaty przeciętne lub agresywne), przez co zmniejszane są negatywne skutki syndromu studenta i prawa Parkinsona.

W metodyce CCPM zadania mogą być opóźniane bez konsekwencji, a celem jest terminowa realizacja całego przedsięwzięcia. Nie w każdym przedsięwzięciu jest możliwe elastyczne rozpoczynanie zadań. Na przykład w przedsiębiorstwach realizujących strategię „dokładnie na czas” – JIT, czynności są rozpoczynane nie wcześniej niż to planowano ze względu na konieczność oczekiwania na dostarczenie materiałów przez dostawców lub zakończenie zadań przez podwykonawców. Ewentualne opóźnienia w rozpoczynaniu czynności wiążą się zwykle z dodatkowymi kosztami magazynowania itp.

W systemach o istotnym znaczeniu stabilności produkcji rozważane powinno być wykorzystanie harmonogramowania proaktywnego. Proponowane przez autorów podejście proaktywne z kamieniami milowymi może być szczególnie przydatne w projektach, w których zleceniodawca (lub wykonawca) oczekuje podziału realizacji przedsięwzięcia na etapy, kończące się kontrolą i rozliczaniem prac.

Tabela 1. Porównanie klasycznego podejścia (korzystającego m.in. z metody ścieżki krytycznej), metodyki CCPM i proaktywnego harmonogramowania z kamieniami milowymi

	Klasyczne podejście	Metoda łańcucha krytycznego CCPM	Proaktywne harmonogramowanie z kamieniami milowymi
Znaczenie stabilności produkcji	istotna jest zmienność na poziomie zadań, brak analizy wpływu zakłóceń na cały projekt	monitorowanie stanu buforu projektu, terminy rozpoczęcia i zakończenia zadań nie są istotne	koncentracja na terminowości kamieni milowych, ważne są też terminy rozpoczęcia zadań
Szacowanie czasów trwania zadań	estymaty bezpieczne	estymaty przeciętne i agresywne	estymaty agresywne, większa możliwość buforowania
Alokacja buforów	buforowanie poszczególnych zadań	buforowanie łańcucha krytycznego (bufory projektu, dopływowe, zasobowe)	chronione są terminy realizacji kamieni milowych, buforowane są także poszczególne zadania
Reakcja na zakłócenia	w odpowiedzi na nieoczekiwane zaburzenia opracowywane są nowe harmonogramy	analiza wpływu zakłóceń na stopień zużycia buforu projektu (działania zaradcze po zużyciu 2/3 bufora)	reakcja na zakłócenia w celu minimalizacji kosztu niestabilności zadań i terminowej realizacji etapów projektu
Strategia planowania terminów rozpoczęcia zadań	tak wcześnie, jak to możliwe, tzw. ASAP (<i>As Soon as Possible</i>), wcześniejsze nakłady finansowe i zmniejszone NPV projektu	tak późno, jak to możliwe, tzw. ALAP, z uwzględnieniem buforów, opóźnione nakłady i zwiększone NPV projektu	zgodnie z zasadą ALAP, biorąc pod uwagę bufory czynności i etapów projektu, opóźnione nakłady i zwiększone NPV projektu

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [Klimek 2010].

Przeprowadzenie w przedsiębiorstwach zmian w podejściu do planowania projektu realizowanego bardzo często w warunkach niepewności i skorzystanie z opisanych w artykule nowoczesnych metod harmonogramowania mogą prowadzić firmy do sukcesu w realizacji przedsięwzięć.

Literatura

- Banaszak Z., Józefowska J. (red.), *Project Driven Manufacturing*, WNT, Warszawa 2003.
 Brillman J., *Nowoczesne koncepcje i metody zarządzania*, PWE, Warszawa 2002.
 Demeulemeester E., Herroelen W., *Robust project scheduling, foundations and trends in technology*, „Information and Operations Management” 2010, vol. 3(3-4).

- Goldratt E.M., *Critical Chain*, The North River Press, Great Barrington 1997.
- Herroelen W., Leus R., *Project scheduling under uncertainty: Survey and research potentials*, „European Journal of Operational Research” 2005, vol. 165.
- Józefowska J., Węglarz J. (red.), *Perspectives in Modern Project Scheduling*, Springer, Berlin 2006.
- Klimek M., *Przydatno-reaktywne harmonogramowanie produkcji z ograniczoną dostępnością zasobów*. Praca doktorska, AGH, Kraków 2010.
- Klimek M., Lebkowski P., *Robust buffer allocation for scheduling of a project with predefined milestones*, „Decision Making in Manufacturing and Services” 2009, vol. 3(1-2).
- Milian Z., *Szacowanie buforów czasowych w metodzie CCPM*. Konferencja naukowa, „Zarządzanie procesami inwestycyjnymi w budownictwie”, Politechnika Krakowska, Kraków 2004.
- Van de Vonder S., Demeulemeester E., Herroelen W., *A classification of predictive-reactive project scheduling procedures*, „Journal of Scheduling” 2007, vol. 10.

MODERN METHODS OF PROJECT'S SCHEDULING IN UNCERTAINTY CONDITIONS

Summary: To achieve success in the implementation of projects companies need to adapt to changing environmental conditions. One of important factors determining the success is the ability to rapidly deploy modern methods of project planning. This paper presents theoretical and practical effective solutions for project scheduling under uncertainty occurring with real-life projects. The article shows critical chain method, more and more used in companies, which secures timely execution of the project. Then the proactive (robust) scheduling, the approach in which activities starting times and project deadline are protected, is described. Next an authors' model, in which the timely completion of contractual milestones is secured, is presented. Finally the described approaches are compared.

Keywords: project scheduling, critical chain, proactive scheduling, milestones.