

## WARIANTOWANIE PRZEDSIĘWZIĘĆ INFORMATYCZNYCH ZAGROŻONYCH NIEPOWODZENIEM

### PROTOTYPING OF SOFTWARE PROJECTS AT RISK OF FAILURE

W działalności współczesnych organizacji coraz większego znaczenia nabierają działania niepowtarzalne, zwane przedsięwzięciami lub projektami. Projekt jest sekwencją unikatowych, złożonych i powiązanych ze sobą czynności, mających jeden cel, który musi zostać zakończony w określonym czasie, budżecie i zgodnie ze specyfikacją<sup>1</sup>. Rośnie w związku z tym zapotrzebowanie na wiedzę umożliwiającą rozwiązywanie problemów występujących w realizacji złożonych przedsięwzięć. Kluczowe znaczenie ma tu znajomość zasad zarządzania projektami, w szczególności zaś identyfikacji czynników wpływających na sukces czy porażkę projektu i stosowanych w związku z tym specyficznych metod oraz technik.

Zebrane doświadczenia wskazują, że projekty zakończone sukcesem, tzn. zrealizowane w terminie i przy założonych nakładach, stanowią mniej niż połowę wszystkich projektów<sup>2</sup>. Większość projektów przekracza czas realizacji przyjęty w projekcie bazowym o 40–200%<sup>3</sup>. Przykładowo tylko jedna trzecia projektów Banku Światowego realizuje swój cel, ze średnim opóźnieniem wynoszącym 50%. Inne badania wskazują, że tylko 17% projektów spełnia przyjęte kryteria kosztu, czasu i celu, ze średnim prze-

---

\* dr inż., Uniwersytet Zielonogórski

<sup>1</sup> J.R. Meredith, S.J. Mantel, *Project Management – a managerial approach*, John Wiley and Sons, New York 1995.

<sup>2</sup> T.J. Cooke-Davies, A. Arzymanow, *The maturity of project management in different industries: an investigation into variations between project management models*, „International Journal of Project Management” 2003, vol. 21, s. 471–478; P. Nitiithamyong, M.J. Skibniewski, *Success/failure factors and performance measures of web-based construction project management systems: professionals’ viewpoint*, „Journal of Construction Engineering and Management” 2006, vol. 132, s. 80–87.

<sup>3</sup> K. Reichelt, J. Lyneis, *The dynamics of project performance: benchmarking the drivers of cost and schedule overrun*, „European Management Journal” 1999, vol. 17, s. 135–150.

kroczeniem kosztów o 189%<sup>4</sup>. W przypadku projektów informatycznych aż 60–80% nie jest zgodnych z pierwotną specyfikacją<sup>5</sup>.

Na realizację projektu wpływa wiele czynników, które mogą dotyczyć rodzaju projektu, dostępności zasobów, zarządzania projektem oraz środowiska zewnętrznego<sup>6</sup>. Przyczyny niepowodzeń realizacji projektu w ogólności dotyczą zmienności występowania zasobów w przedsiębiorstwie oraz jego otoczeniu, jednakże mogą one również zostać spowodowane brakiem poprawnie zdefiniowanego celu projektu, zmienną specyfikacją projektu zgodnie z wymaganiami zleceniodawcy, nieodpowiednią jakością zarządzania czy nieodpowiednimi umiejętnościami pracowników. W przypadku przedsiębiorstw, które realizują jednocześnie kilka projektów, przekroczenie planów projektu może zostać również spowodowane zmianą priorytetu danego projektu.

Skuteczna realizacja projektu wymaga planowania zawierającego między innymi oszacowanie stopnia zaawansowania projektu, pożądanych zasobów, czasu itp., czyli parametrów, które są niezbędne do realizacji danej czynności projektu. W celu zredukowania nadmiernego przekroczenia zaplanowanych wartości parametrów projektu zazwyczaj zostaje wykorzystane jedno z dwóch podejść. Po pierwsze, można zwiększyć dokładność oszacowań, po drugie – zwiększyć kontrolę projektu.

Oczekiwanie bardzo dokładnych prognoz parametrów projektów nie jest realne ze względu na pewien poziom niepewności związany ze specyfiką przedsięwzięcia, a także złożoność i dynamikę interakcji pomiędzy czynnikami wpływającymi na jego rozwój. Jednakże nawet niewielka poprawa dokładności oszacowań jest pożądana, szczególnie biorąc pod uwagę dużą skalę przedsięwzięć. Dzięki dokładniejszemu prognozowaniu menedżerowie projektu mogą zostać wsparci na etapie planowania oraz monitorowania projektu, na przykład poprzez dokładniejsze określenie wymaganych nakładów, alokacji zasobów, zaplanowania harmonogramu realizacji inwestycji.

Szybko zmieniające się oczekiwania związane ze wspomaganiami decyzji o charakterze strategicznym, jak również dążenie do zmniejszenia ryzyka inwestycyjnego i kosztów z tym związanych, stanowią potrzebę opracowania dedykowanego systemu wspomagania decyzji. Występujące w literaturze podejścia odrębnie rozpatrują obszar przedsiębiorstwa oraz zarządzania przedsięwzięciem. Odrębność ta wynika z istnienia oddzielnych baz wiedzy dla obszaru przedsiębiorstwa i zarządzania przedsięwzięciem. Konsekwencją tego jest trudność implementacji tych obszarów w ramach jednego narzędzia, wykorzystywanego do wspomagania decyzji. Powstaje w związku z tym potrzeba budowy jednego modelu łączącego obszary przedsiębiorstwa i zarządzania przedsięwzięciem, stanowiącego platformę do opracowania dedykowanego systemu wspomagania decyzji.

W kolejnych rozdziałach artykułu sformułowano problem wariantowania przedsięwzięć zagrożonych niepowodzeniem, a także przedstawiono metodę wariantowania dopuszczalnych realizacji projektu. Następnie zaprezentowano przykład ilustrujący funkcjonowanie proponowanej metody. W zakończeniu przedstawiono wnioski oraz kierunki dalszych badań.

---

<sup>4</sup> M. Jorgensen, D.I. Sjoberg, *The impact of customer expectation on software development effort estimates*, „International Journal of Project Management” 2004, vol. 22, s. 317–325.

<sup>5</sup> K. Molokken-Ostfold, M. Jorgensen, *A comparison of software project overruns*, „IEEE Transactions on Software Engineering” 2005, vol. 31, no. 9, s. 754.

<sup>6</sup> S. Robertson, T. Williams, *Understanding project failure: using cognitive mapping in an insurance project*, „Project Management Journal” 2006, vol. 37, s. 55–71.

**Sformułowanie problemu wariantowania przedsięwzięć zagrożonych niepowodzeniem**

W dalszych rozważaniach przyjmuje się, że problem wariantowania przedsięwzięć (PWP) zagrożonych niepowodzeniem ma strukturę Problemu Spełnienia Ograniczeń (PSO) (ang. *constraints satisfaction problem* – CSP), tzn. wyraża się w postaci:

$$PSO = ((V, D), C) \quad (1)$$

gdzie:

$V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$  – skończony zbiór  $n$  zmiennych decyzyjnych,

$D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$  – zbiór dziedzin  $n$  zmiennych decyzyjnych,

$C = \{c_1, c_2, \dots, c_m\}$  – skończony zbiór  $m$  ograniczeń limitujących i wiążących zmienne decyzyjne.

PSO implementowany w językach programowania z ograniczeniami (ang. *Constraint Programming* – CP), kojarzony z obszarem technik sztucznej inteligencji, badań operacyjnych oraz języków programowania deklaratywnego, wykorzystywany jest do modelowania, rozwiązywania i implementacji problemów, które mogą być opisane za pomocą zbioru stanów wyrażanych w postaci ograniczeń, odzwierciedlających zależności pomiędzy zmiennymi problemu. Poszukiwane rozwiązanie PSO jest rozwiązaniem dopuszczalnym, w którym wartości wszystkich zmiennych spełniają wszystkie ograniczenia, bądź też rozwiązaniem optymalnym ekstremalizującym funkcję celu określoną na wybranym podzbiornie zmiennych decyzyjnych. W poszukiwaniu rozwiązania wykorzystywane są techniki propagacji ograniczeń i dystrybucji zmiennych<sup>7</sup>.

Dany jest zbiór zasobów (środki finansowe, pracownicy itp.) oznaczonych symbolem  $r_k$ . Symbole kolejnych zasobów tworzą sekwencję:  $R = (r_1, r_2, \dots, r_2)$ . Znane są ilości  $q_{k,h}$  dostępnych zasobów w  $h$ -tej jednostce czasu horyzontu  $H$ . Zakłada się również, że zasoby należą do klasy zasobów niewywłaszczalnych, tzn. zasobów, które przydzielone do czynności mogą zostać zwolnione dopiero po ukończeniu etapu czynności wymagającego zastosowania danego zasobu.

Horyzont planowania obejmuje zbiór wartości reprezentujących momenty rozpoczęcia kolejnych jednostek czasu. Każde przedsięwzięcie  $P_i$  składa się z  $l$  czynności:  $P_i = \{A_{i,1}, A_{i,2}, \dots, A_{i,l}\}$ . Czynność  $A_{i,j}$  definiowana jest następująco:

$$A_{i,j} = (s_{i,j}, t_{i,j}, Dp_{i,j}) \quad (2)$$

gdzie:

$s_{i,j}$  – termin rozpoczęcia czynności  $A_{i,j}$  ustalony względem terminu rozpoczęcia projektu  $s_{1,1}$ ;

$t_{i,j}$  – czas trwania czynności  $A_{i,j}$ ;

$Dp_{i,j} = (dp_{i,j,1}, dp_{i,j,2}, \dots, dp_{i,j,z})$  – oznacza sekwencję ilości zasobów pobieranych przez czynność  $A_{i,j}$ :  $dp_{i,j,k}$  – ilość  $k$ -tego zasobu pobieranego przez czynność  $A_{i,j}$ .

Do ograniczeń dotyczących przedsiębiorstwa można zaliczyć początkową oraz dopuszczalną ilość  $k$ -tego zasobu. Ograniczenie dotyczące projektu odnosi się do horyzontu czasowego  $H = \{0, 1, \dots, h\}$ , określającego przedział czasowy realizacji zbioru

<sup>7</sup> G. Bocewicz, I. Bach-Dąbrowska, Z. Banaszak, *Deklaratywne projektowanie systemów komputerowego wspomaganie planowania przedsięwzięć*, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 2009; F. Rossi, *Constraint (logic) programming: A survey on research and applications*, w: K.R. Apt i in. (red.), *New Trends in Constraints*, Springer-Verlag, Berlin 2000, s. 40–74.

przedsięwzięć  $P$ . Czynności są niepodzielne w czasie oraz mogą rezerwować dowolną liczbę zasobów. Przyjmuje się, że:

- każdy zasób w danej czynności  $A_{i,j}$  może być wykorzystany tylko jednokrotnie,
- ilość danego zasobu wykorzystywanego przez daną czynność  $A_{i,j}$  nie może ulec zmianie, nie może ona również zostać przydzielona do innej czynności,
- warunkiem rozpoczęcia czynności  $A_{i,j}$  jest dostęp do żądanej liczby zasobów.

Przyjmuje się ponadto, że:

- każda czynność może być wykonana przy udziale co najmniej jednego z zasobów przedsiębiorstwa,
- czynności są niepodzielne,
- rozpoczęcie kolejnej czynności następuje po zakończeniu czynności poprzedzającej, pod warunkiem dostępności danego zasobu.

Zgodnie ze wzorem (1) model problemu wariantowania przedsięwzięcia można zapisać w następującej postaci:

Zbiór zmiennych decyzyjnych  $V$ :

- czasy trwania czynności  $t_{i,j}$
- terminy rozpoczęcia czynności  $s_{i,j}$
- zasoby  $z, Dp_{i,j}$

$$V = (s_{i,j}, t_{i,j}, z, Dp_{i,j}) \quad (3)$$

Zbiory wartości zmiennych  $V$  charakteryzowane są przez zbiór dziedzin:

$$D = (D_{s_{i,j}}, D_{t_{i,j}}, D_z, D_{Dp_{i,j}}) \quad (4)$$

Należy zwrócić uwagę, że w przypadku znanych wartości zmiennych decyzyjnych (np. dla zmiennej określającej dostępne ilości zasobów  $z$ ) dziedziny są zbiorami jednoelementowymi.

Zbiór ograniczeń  $C$  zawiera ograniczenia determinujące przedsięwzięcie, np. ograniczenia kolejnościowe, kosztu realizacji czy ograniczenie zasobowe. Niektóre z tych ograniczeń, np. dostępna ilość roboczogodzin, łączą PSO dotyczące przedsiębiorstwa z PSO dotyczących projektu.

$C = \{C_1, \dots, C_4\}$ , gdzie:

$C_1: H = \{1, \dots, h\}$  – ograniczenie na horyzont realizacji przedsięwzięcia,

$C_2: s_{i,j} + t_{i,j} \leq s_{i,k}$  – ograniczenia kolejnościowe,

$C_3: r_1 \leq q_{1,h}$  – ograniczenie dotyczące środków finansowych w  $h$ -tej jednostce czasu,

$C_4: r_2 \leq q_{2,h}$  – ograniczenie dotyczące roboczogodzin w  $h$ -tej jednostce czasu.

Dla przedstawionego problemu można formułować pytania dotyczące wnioskowania w przód lub wstecz. W przypadku wnioskowania w przód rozważany problem sprowadza się do odpowiedzi na pytanie: czy dla zadanych wartości zmiennych wejściowych istnieje harmonogram spełniający zadane ograniczenia, a jeżeli tak, to jakie są jego parametry?

Pytanie to może zostać rozszerzone o kolejne, następującego typu: czy dany harmonogram realizacji może zostać wykonany w horyzoncie  $H$ , przy nieprzekroczeniu wartości  $r_1$  środków pieniężnych oraz  $r_2$  roboczogodzin w przyjętej jednostce czasu  $h$ ? Pozwala to rozważać klasę problemów wielokryterialnych.

W przypadku gdy dla wnioskowania w przód nie istnieje harmonogram spełniający zadane ograniczenia, przyjmuje się, że realizacja projektu bazowego jest zagrożona niepowodzeniem. Wówczas można sformułować pytanie dotyczące wnioskowania wstecz: jakie wartości zmiennych wejściowych gwarantują ukończenie przedsięwzięcia przy spełnieniu zadanych ograniczeń? Wyróżnienie zmiennych wejściowych, których

wartości zostają zmienione stosownie do przyjętych ograniczeń, dokonywane jest w sposób arbitralny.

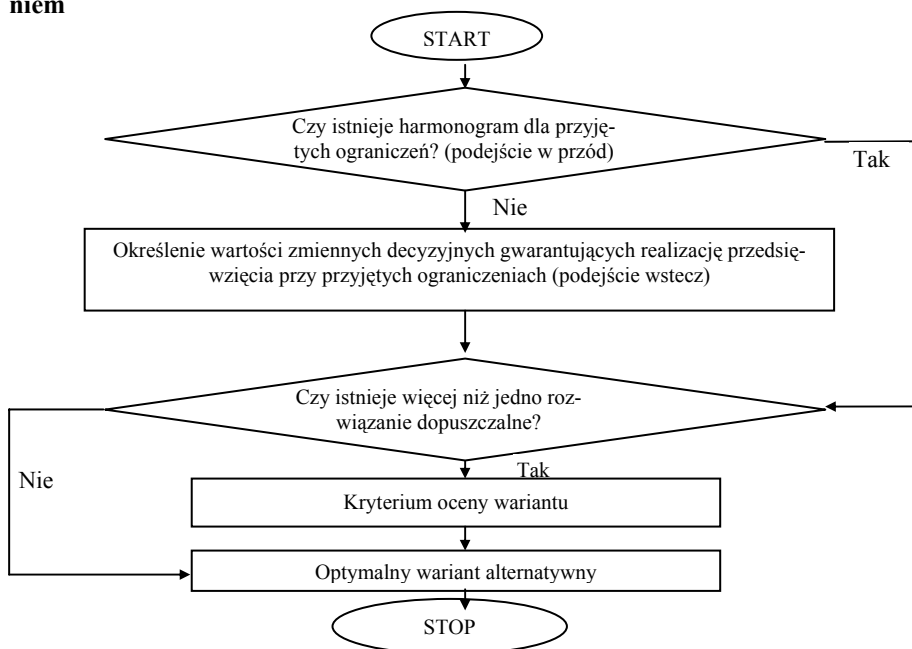
Koncepcję metody wyznaczania rozwiązań dopuszczalnych dla sformułowanego problemu decyzyjnego w aspekcie szacowania kosztów przedstawia poniższy rozdział.

### Metoda wyznaczania dopuszczalnych wariantów przedsięwzięcia

Zagadnienie planowania, a następnie sukcesywnego monitorowania realizacji projektu, jest jednym z najistotniejszych elementów zarządzania przedsięwzięciem, decydujących o jego sukcesie bądź porażce<sup>8</sup>. Powstaje wobec tego potrzeba opracowania metody, która umożliwiałaby odpowiednio wczesne wykrycie nieprawidłowości w realizacji przedsięwzięcia, a także określałaby warianty alternatywne pozwalające uzyskać przyjęty cel projektu i uniknąć przewidywanych nieprawidłowości.

Procedurę realizacji proponowanej metody przedstawiono na rys. 1. W przypadku gdy przy przyjętych ograniczeniach nie można wyznaczyć harmonogramu (np. prognozowany koszt realizacji przedsięwzięcia przewyższa dostępne w przedsiębiorstwie środki pieniężne), wówczas z wykorzystaniem podejścia wstecz następuje określenie wartości zmiennych decyzyjnych gwarantujących realizację przedsięwzięcia.

**Rysunek 1. Procedura wariantowania przedsięwzięć zagrożonych niepowodzeniem**



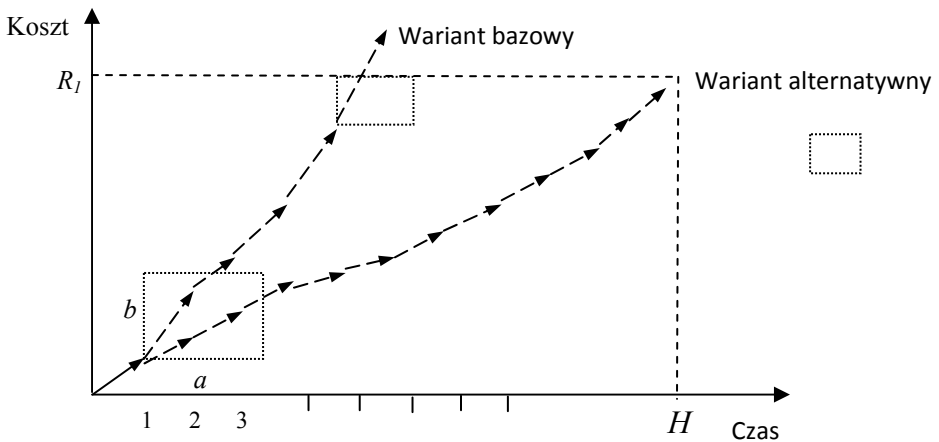
Źródło: opracowanie własne.

<sup>8</sup> H. Kerzner, *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*, John Wiley and Sons 2009; Z. Szyjewski, *Metodyki zarządzania projektami informatycznymi*, Placet, Warszawa 2004; M. Trocki, B. Grucza, K. Ogonek, *Zarządzanie projektami*, PWE, Warszawa 2009.

Określenie zmiennych decyzyjnych, których wartości zostają zmienione, aby nie przekroczyć przyjętych ograniczeń, czy ewentualne dodanie nowych ograniczeń jest uzależnione od rozważanego problemu i następuje w sposób arbitralny.

Jako przykład ilustrujący ideę proponowanego, implementowanego jako PWP, podejścia wybrano funkcjonalność dotyczącą szacowania kosztów. Na rys. 2 przedstawiono przykładowy wariant alternatywny przedsięwzięcia wyznaczony w przypadku, gdy prognoza wskazuje brak możliwości realizacji wariantu bazowego przy przyjętych ograniczeniach. Prognoza kosztu stanowi dodatkowe ograniczenie i jest dodawana do PWP oraz zapisywana w postaci PSO.

**Rysunek 2. Przykład wyznaczania wariantu alternatywnego przedsięwzięcia**



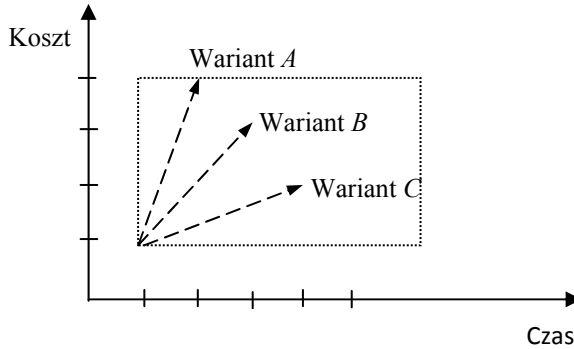
Źródło: opracowanie własne.

Przyjęto, że ocena stopnia realizacji danej czynności, jak również aktualizacja zbioru rozwiązań dopuszczalnych, następuje w jednostce czasu  $h$ . Zaznaczony linią ciągłą odcinek trajektorii przebiegu projektu wskazuje na koszt czynności zakończonych oraz czynności w toku w pierwszej jednostce czasu. Aproksymując funkcję kosztu, można określić jego zmianę w kolejnych jednostkach czasu. Na rysunku przedstawiono to w postaci wektorów zaznaczonych linią przerywaną. Dany wektor mieści się w zbiorze rozwiązań dopuszczalnych, który został zaznaczony na rys. 2 w postaci prostokąta. Na wielkość tego zbioru mają wpływ dziedziny zmiennych oraz przyjęte ograniczenia. Długość odcinka  $a$  zależy od ograniczeń kolejnościowych realizacji czynności oraz horyzontu przedsięwzięcia, a w konsekwencji od istniejącego zapasu czasu, tj. różnicy pomiędzy najpóźniejszym terminem rozpoczęcia czynności a możliwym najwcześniejszym terminem jej rozpoczęcia. Długość odcinka  $b$  zależy natomiast od ograniczenia związanego z wielkością zasobów finansowych ( $r_1$ ) w przyjętej jednostce czasu  $h$ .

W przypadku gdy prognoza kosztu przekracza przyjęte ograniczenie finansowe (wariant bazowy), następuje sprawdzenie, czy istnieje wariant alternatywny dokończenia przedsięwzięcia, spełniający przyjęte ograniczenia, m.in. czasowe ( $H$ ) i finansowe ( $R_1$ ). Jeżeli istnieje wieloelementowy zbiór rozwiązań dopuszczalnych, warianty oce-

niane są zgodnie z przyjętym kryterium, dotyczącym przykładowo minimalizacji czasu czy kosztu realizacji wariantu. Na rys. 3 przedstawiono trzy warianty, których wybór uzależniony jest od przyjętego przez decydenta kryterium. Przykładowo przy wyborze kryterium dotyczącego minimalizacji czasu najkorzystniejszy jest wariant *A*, przy minimalizacji kosztu – wariant *C*, natomiast dla łącznego kryterium, tj. minimalizacji czasu i kosztu o równych współczynnikach wagowych – wszystkie warianty są tak samo korzystne.

**Rysunek 3. Przykład niepustego zbioru wariantów alternatywnych przedsięwzięcia**



*Źródło: opracowanie własne.*

Do zalet proponowanego podejścia można zaliczyć uzyskanie zbioru rozwiązań dopuszczalnych w kolejnych jednostkach czasu  $h$ , pozwalającego w przypadku przewidywanych trudności z realizacją projektu na wybór wariantu alternatywnego i w ten sposób uniknięcie przekroczenia przyjętych ograniczeń zasobowych czy czasowych. Odnosi się to również do sytuacji braku możliwości realizacji danej czynności i sprawdzenia możliwości dokończenia projektu w zmienionej postaci. Oczywiście kontynuacja przedsięwzięcia bez danej czynności jest uzależniona od charakteru tej czynności, a w konsekwencji od możliwości realizacji kolejnych czynności, co powinno zostać uzupełnione dodatkową informacją. W tym przypadku następuje sprawdzenie, czy po usunięciu czynności i związanego z tym ograniczenia kolejnościowego wyznaczony zostanie niepusty zbiór rozwiązań dopuszczalnych.

**Przykład**

Przedsięwzięcie dotyczy wdrożenia oprogramowania obejmującego obszar sprzedaży w przedsiębiorstwie usługowym, dalej zwanym zleceniodawcą. Zleceniodawca posiada już oprogramowanie w tym obszarze, jednakże ma ono ograniczony zakres funkcjonalności oraz nie zapewnia pełnej integracji z innymi programami dziedzicznymi funkcjonującymi u zleceniodawcy. Do wymaganych dodatkowych funkcjonalności należy np. wystawianie ofert, rejestracja zleceń, ustalanie limitu kredytu kupieckiego, możliwość analizy lojalności klienta (częstotliwości zakupu towarów i płatności), przypisanie kilku warunków płatności w zależności od długości okresu płatności czy

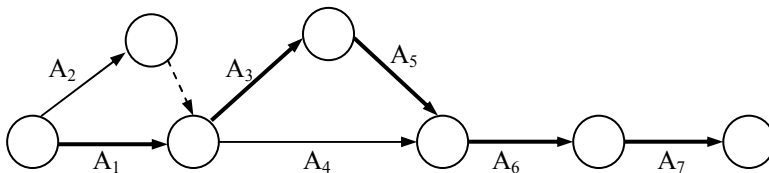
prognozowanie sprzedaży na podstawie zgłoszonych zleceń oraz historii transakcji z danym klientem.

Przedsięwzięcie składa się z siedmiu czynności:

- 1) analiza realizowanych procesów biznesowych oraz systemu informacyjnego w przedsiębiorstwie zleceniodawcy, obecnego stanu infrastruktury informatycznej, struktur baz danych;
- 2) instalacja nowego oprogramowania, wstępna konfiguracja oraz jego testowanie;
- 3) dopasowanie standardowych ustawień oprogramowania do wymagań klienta;
- 4) kustomizacja przeprowadzona zgodnie z nietypowymi wymaganiami klienta oraz programowanie interfejsów łączących program z innymi obszarami działalności przedsiębiorstwa zleceniodawcy;
- 5) opracowanie sposobu migracji danych, dotyczących np. klientów zleceniodawcy, do bazy danych nowego oprogramowania;
- 6) konfiguracja finalna oprogramowania oraz jego testowanie;
- 7) szkolenie użytkowników końcowych.

Na rys. 4 przedstawiono sieć czynności rozważanego przedsięwzięcia  $P = \{A1, \dots, A7\}$ . Czasy trwania (w roboczogodzinach) poszczególnych czynności zostały ustalone na podstawie podobnych projektów realizowanych w przeszłości i opisane w postaci sekwencji:  $T = (16, 8, 16, 30, 16, 16, 60)$ . Pogrubione strzałki na rys. 4 symbolizują ścieżkę krytyczną o czasie realizacji równym 124 roboczogodzinom.

**Rysunek 4. Sieć czynności przedsięwzięcia**



Źródło: opracowanie własne.

Do realizacji przedsięwzięcia przedsiębiorstwo może oddelegować trzech pracowników: jednego informatyka (Z1) oraz dwóch konsultantów (Z2 i Z3). Założono, że informatyk realizuje czynności A2–A6, natomiast konsultanci A1 i A7. Wobec tego sekwencja ilości zasobu  $dp_{1,j}$  dla czynności  $j$  przyjmuje postać:  $Dp_1 = (2, 1, 1, 1, 1, 1, 2)$ . Przyjęto, że konsultanci mogą niezależnie od siebie i równolegle realizować czynność A1 oraz A7. W tej sytuacji wszystkie czynności są czynnościami krytycznymi, a czas realizacji projektu wynosi 116 roboczogodzin.

Na podstawie danych zakończonych projektów należących do tej samej klasy co realizowany projekt przyjęto zależność liniową kosztów od czasu realizacji czynności:  $dp_{2,j} = 1 + 0,5 \cdot t_j$ , uwzględniającą odpowiednio koszty stałe (np. koszt delegacji) oraz jednostkowy koszt zmienny (stawka roboczogodziny). Sekwencja wartości zasobu finansowego  $dp_{2,j}$  pobieranego przez czynność  $j$  przyjmuje zatem postać:  $Dp_2 = (9, 5, 9, 16, 9, 9, 31)$ . Całkowity planowany koszt inwestycji wynosi 88 jednostek umownych (j.u.). Zasoby są przydzielane w całości do czynności w momencie jej rozpoczęcia.



Ograniczenia kolejnościowe wynikające ze struktury przedsięwzięcia przyjmują następującą postać:

$$C_1: s_3 \geq s_1 + t_1, C_2: s_3 \geq s_2 + t_2, C_3: s_4 \geq s_1 + t_1, C_4: s_4 \geq s_2 + t_2, C_5: s_5 \geq s_3 + t_3, C_6: s_6 \geq s_4 + t_4, C_7: s_6 \geq s_5 + t_5, C_8: s_7 \geq s_6 + t_6.$$

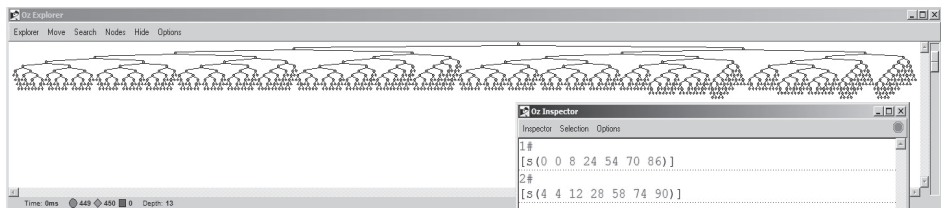
Przedsiębiorstwo zlecające realizację projektu wyznaczyło zakończenie wdrożenia w terminie 3 tygodni (120 roboczogodzin – horyzont czasowy  $H = \{0, 1, \dots, 120\}$ ), przy budżecie 100 j.u.

Szukana jest odpowiedź na pytanie: czy istnieje, a jeżeli tak, to jaką ma postać harmonogram realizacji czynności, gwarantujący ukończenie przedsięwzięcia w rozważanym horyzoncie  $H$  oraz spełniający ograniczenia zasobowe przedsiębiorstwa?

Pytanie należy do klasy pytań w przód, a odpowiedź wiąże się z wyznaczeniem wartości terminów rozpoczęcia czynności  $S = (s_1, s_2, \dots, s_7)$ , gdzie  $0 \leq s_j < 120; j = 1, 2, \dots, 7$ .

Jako środowisko programistyczne umożliwiające implementację problemu wybrano program Oz Mozart, umożliwiający programowanie całkowitoliczbowe<sup>9</sup>. Dla przyjętych założeń zostało wyznaczonych 450 rozwiązań dopuszczalnych. Wizualizację zbioru rozwiązań dopuszczalnych, jak również pierwszą oraz ostatnią sekwencję czasów rozpoczęcia czynności, przedstawiono na rys. 5.

**Rysunek 5. Zbiór rozwiązań dopuszczalnych**

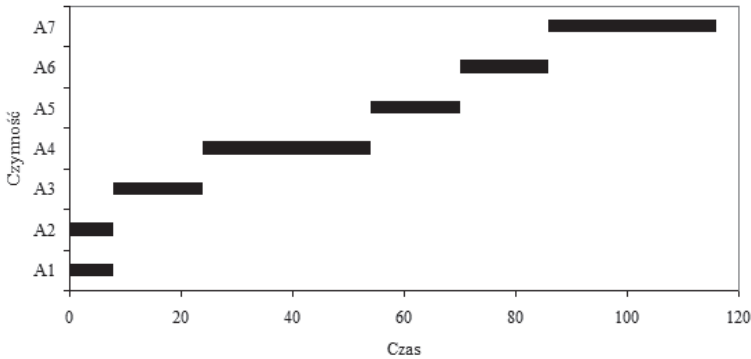


Źródło: opracowanie własne.

Na rys. 6 przedstawiono harmonogram projektu dla pierwszego rozwiązania dopuszczalnego  $S = (0, 0, 8, 24, 54, 70, 86)$ , natomiast na rys. 7 – dla ostatniego rozwiązania dopuszczalnego  $S = (4, 4, 12, 28, 58, 74, 90)$ .

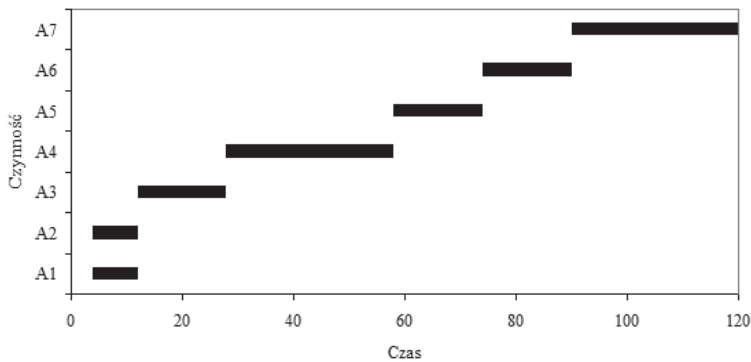
<sup>9</sup> H. Schulte, G. Smolka, J. Wurtz, *Finite Domain Constraint Programming in Oz*, German Research Center for Artificial Intelligence, Saarbrücken 1998.

**Rysunek 6. Harmonogram projektu**



Źródło: opracowanie własne.

**Rysunek 7. Wykorzystanie środków pieniężnych**



Źródło: opracowanie własne.

Należy zaznaczyć, że zbiór rozwiązań dopuszczalnych uzależniony jest oprócz zawartości bazy wiedzy również od zadeklarowanej przez użytkownika „ziarnistości” rozwiązania w językach klasy CP, np. Oz systemu Mozart czy ILOG.

### Zakończenie

We współczesnym, zmiennym otoczeniu przedsiębiorstwa szybkość odpowiedzi na potrzeby klienta, nacisk na innowacyjność i efektywne zarządzanie kosztami decydują o sukcesie bądź porażce w walce o pozycję na rynku. Wymusza to na współczesnych organizacjach wprowadzanie zmian: coraz częstszych i na coraz większą skalę. Odpowiedzią na te nowe wyzwania staje się stosowanie zasad zarządzania projektami. W przypadku projektów wykonywanych na zlecenie klienta błędne oszacowanie nakładów czy terminów realizacji projektu może wiązać się z naliczeniem kar uzgodnionych w umowie czy pokrywaniem kosztów ze środków własnych przedsiębiorstwa. Niewłaściwa decyzja może pogorszyć płynność finansową przedsiębiorstwa lub nawet

doprowadzić do jego bankructwa. W tej sytuacji niezmiernie istotne wydaje się wsparcie decydenta w procesie podejmowania decyzji.

Obszary charakteryzujące zarządzanie przedsięwzięciami oraz funkcjonowanie przedsiębiorstwa można przedstawić w postaci problemu spełniania ograniczeń i wyrazić w postaci zbioru zmiennych decyzyjnych, ich dziedzin oraz ograniczeń. W ten sposób powstaje model zarządzania przedsięwzięciem, który można interpretować jako swoistą bazę wiedzy. Baza wiedzy służy jako platforma, tak dla formułowania pytań, jak i wypracowywania odpowiedzi. Stawiane pytania rutynowe można rozpatrywać z wykorzystaniem wnioskowania w przód („co wynika z przesłanki?”) oraz wnioskowania wstecz („co implikuje konkluzję?”).

Do budowy modelu, reprezentacji danych i założeń można wykorzystać języki programowania deskryptycznego. Podstawową zaletą tych języków jest ich deklaratywność, oznaczająca, że sposób sformułowania zadania interpretowany jest wprost jako program rozwiązujący to zadanie. Programowanie deklaratywne sprowadza się zatem do modelowania zadania jako problemu spełniania ograniczeń. Deklarowane ograniczenia są zależne od dziedzin zmiennych, których dotyczą.

Do zalet proponowanego podejścia można zaliczyć możliwość charakterystyki przedsiębiorstwa oraz obszaru zarządzania projektem w postaci jednej bazy wiedzy. Ponadto w przedstawionym podejściu istnieje możliwość uzyskania zbioru rozwiązań dopuszczalnych w poszczególnych fazach cyklu życia projektu. Jest to szczególnie atrakcyjne w sytuacji braku możliwości kontynuowania projektu w pierwotnej postaci i może wspomagać decydenta przy wyborze wariantu alternatywnego przedsięwzięcia.

Do dalszych badań można zaliczyć określenie modelu referencyjnego problemu wariantowania przedsięwzięć zagrożonych niepowodzeniem, w sytuacji braku możliwości realizacji danej czynności. Należy również przeprowadzić weryfikację bazy wiedzy opisywanego obiektu, dotyczącą w szczególności sprawdzenia: czy zawarte w bazie dane (wiedza) są logicznie spójne i niesprzeczne oraz czy wiedza zawarta w bazie jest wystarczająca do udzielenia odpowiedzi na postawione pytania.

## BIBLIOGRAFIA

- Bocewicz G., Bach-Dąbrowska I., Banaszak Z. 2009.** *Deklaratywne projektowanie systemów komputerowego wspomaganie planowania przedsięwzięć*, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa.
- Cooke-Davies T.J., Arzymanow A. 2003.** *The maturity of project management in different industries: an investigation into variations between project management models*, „International Journal of Project Management”, vol. 21, s. 471–478.
- Jorgensen M., Sjøberg D.I. 2004.** *The impact of customer expectation on software development effort estimates*, „International Journal of Project Management”, vol. 22, s. 317–325.
- Kerzner H. 2009.** *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*, wydanie dziesiąte, John Wiley and Sons.
- Meredith J.R., Mantel S.J. 1995.** *Project Management – a managerial approach*, wydanie trzecie, John Wiley and Sons, New York.
- Molokken-Ostfold K., Jorgensen M. 2005.** *A comparison of software project overruns*, „IEEE Transactions on Software Engineering”, vol. 31, no. 9, s. 754–766.

- Nitithamyong P., Skibniewski M.J. 2006.** *Success/failure factors and performance measures of web-based construction project management systems: professionals' viewpoint*, „Journal of Construction Engineering and Management”, vol. 132, s. 80–87.
- Reichelt K., Lyneis J. 1999.** *The dynamics of project performance: benchmarking the drivers of cost and schedule overrun*, „European Management Journal”, vol. 17, ss. 135-150.
- Robertson S., Williams T. 2006.** *Understanding project failure: using cognitive mapping in an insurance project*, „Project Management Journal”, vol. 37, s. 55–71.
- Rossi F. 2000.** *Constraint (logic) programming: A survey on research and applications*, w: K.R. Apt i in. (red.), *New Trends in Constraints*, Springer-Verlag, Berlin, s. 40–74.
- Schulte H., Smolka G., Wurtz J. 1998.** *Finite Domain Constraint Programming in Oz*, German Research Center for Artificial Intelligence, Saarbrücken.
- Szyjewski Z. 2004.** *Metodyki zarządzania projektami informatycznymi*, Placet, Warszawa.
- Trocki M., Grucza B., Ogonek K. 2009.** *Zarządzanie projektami*, PWE, Warszawa.

## STRESZCZENIE

Celem pracy jest przedstawienie problemu wariantowania przedsięwzięć informatycznych zagrożonych niepowodzeniem w aspekcie Problemu Spełnienia Ograniczeń (PSO). Deklaratywna struktura modelu wiąże obszary funkcjonalności przedsiębiorstwa oraz realizowanego w nim projektu. Wymienione obszary funkcjonalności modelowane są w postaci PSO, zawierają one zbiory zmiennych decyzyjnych, rodziny zbiorów dziedzin tych zmiennych oraz zbiory ograniczeń wiążących te zmienne. Otwarta struktura modelu pozwala rozwiązywać problemy decyzyjne różnego poziomu szczegółowości, i to związane z pytaniami zarówno o skutki zakładanych decyzji, jak i o decyzje gwarantujące oczekiwane skutki. Deklaratywny charakter proponowanego modelu w naturalny sposób pozwala implementować go w środowiskach programowania z ograniczeniami. Możliwości tego typu ilustruje załączony przykład.

**SŁOWA KLUCZOWE:** system wspomagania decyzji, zarządzanie projektem, wariantowanie przedsięwzięć, problem spełnienia ograniczeń, zarządzanie zasobami w przedsiębiorstwie

## SUMMARY

The paper aims to present the project prototyping problem for the software projects that are at risk of failure, in terms of Constraints Satisfaction Problems (CSP). The declarative structure of model connects two fields: functionalities of enterprise and project management. The functionalities as CSP are described. CSP contains the sets of decision variables, their domains and constraints that link these variables. The open structure of model enables to solve the decision problems with different level of specificity. The decision problem can regard a query about the results of proposed decisions as well as the decisions guaranteeing the expected results. A declarative kind of pro-

posed model in a natural way allows implementing its in constraint programming languages. The possibility of this approach illustrates an example.

**KEYWORDS:** decision support system, project management, project prototyping, constraints satisfaction problem, resource management

