

11

ZASTOSOWANIE ALGORYTMÓW SZEREGOWANIA ZADAŃ DO PLANOWANIA PRACY SPECJALISTÓW

11.1 WPROWADZENIE

Skuteczność zastosowania systemów informatycznych wspomagających zarządzanie w podmiotach gospodarczych jest zarówno pochodną umiejscowienia zakresu funkcjonalności systemu w strukturze organizacyjnej przedsiębiorstwa, jak i stopnia złożoności oraz kompleksowości wykorzystywanego narzędzia. W tradycyjnej metodologii projektowania systemów informatycznych wspomagających realizację procesów biznesowych przedsiębiorstw dużą rolę odgrywa etap analizy informacyjnej i funkcjonalnej, obejmujący trzy podstawowe obszary:

- zidentyfikowanie zapotrzebowania informacyjnego w systemie zarządzania organizacją,
- umiejscowienie stanowisk decyzyjnych w strukturze organizacji,
- oraz ustalenie sposobu wykorzystania informacji przez pojedynczego użytkownika w celu realizacji powierzonych zadań służbowych.

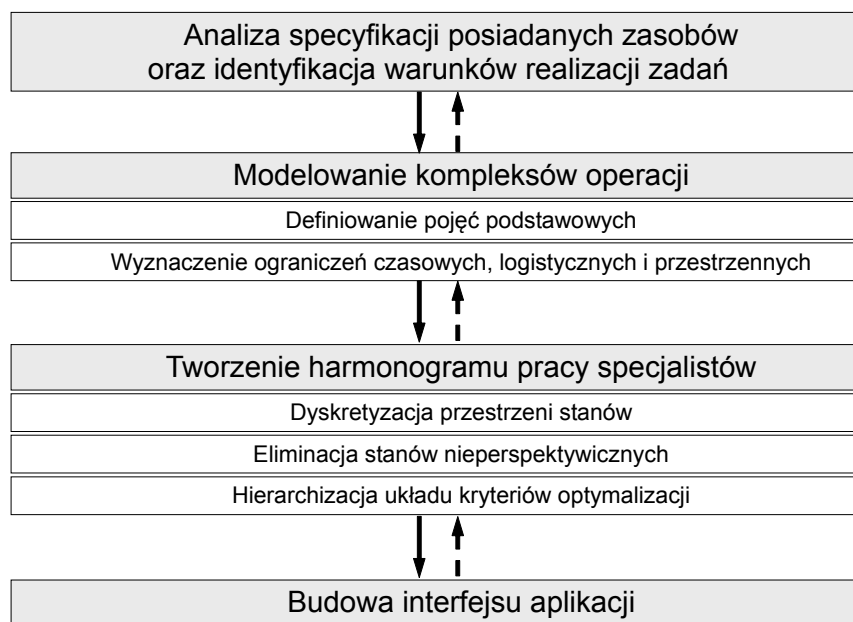
Oczywistym jest, że jeśli przekazywana informacja nie spełnia oczekiwań związanych z aktualnością, rzetelnością, porównywalnością i dyspozycyjnością, a jest niezbędna dla prawidłowego podejmowania decyzji, to niemożliwe staje się prawidłowe wykonywanie zadań lub przewidywanie zdarzeń związanych z funkcjonowaniem organizacji.

Planowanie zadań konserwacyjno remontowych w podmiotach gospodarczych posiadających rozproszoną infrastrukturę techniczną jest dużym wyzwaniem logistycznym nie tylko z uwagi na znaczenie specjalizacji w wykonywaniu prac, rozpoznanie tras dojazdu do miejsca wykonywania czynności służbowych, ale przede wszystkim ze względu na czas oczekiwania na przywrócenie sprawności urządzeń technicznych lub maszyn. Harmonogram zadań opierany jest na perspektywie wykorzystania zarówno czasu pracy specjalisty jak i przejazdu pomiędzy oddziałami stanowiącymi miejsce wykonywania zadań konserwacyjno-remontowych. Nadmienić należy, że budowa plany zadań jest zajęciem cyklicznym, powtarzającym się kilku krotnie w perspektywie tygodnia. Intensywność zaangażowania dyspozytora w proces podejmowania decyzji planistycznych zależy od funkcjonalności i stopnia wykorzystania narzędzi wspomagających, które nie zawsze są rozwiązaniem spełniającym postawione im wymagania [1], [2], [14]. Z uwagi na powyższe pożądane jest stworzenie narzędzia informatycznego, automatyzującego budowę planu. Podstawą funkcjonalności niniejszego systemu mogą być algory-

tmy szeregowania zadań. Poniżej przedstawiony został model matematyczny problemu, zakładający ograniczoną dostępność zasobów oraz warunkową realizację prac. Schemat poszukiwania rozwiązań charakteryzują etapy działań zgodnie z przedstawianą poniżej problematyką.

11.2 PROCES PROJEKTOWANIA IMPLEMENTACJI

Bez względu na stopień szczegółowości odwzorowania struktury rzeczywistego zjawiska, budowa modelu matematycznego powinna charakteryzować się określoną etapowością działań. W procesie tworzenia architektury systemu informatycznego, wspomagającego planowanie pracy brygady specjalistów, wyodrębniono cztery etapy działań, które opisano w poniższych rozdziałach (rys. 11.1).



Rys. 11.1 Etapy tworzenia architektury systemu wspomagającego planowanie pracy specjalistów

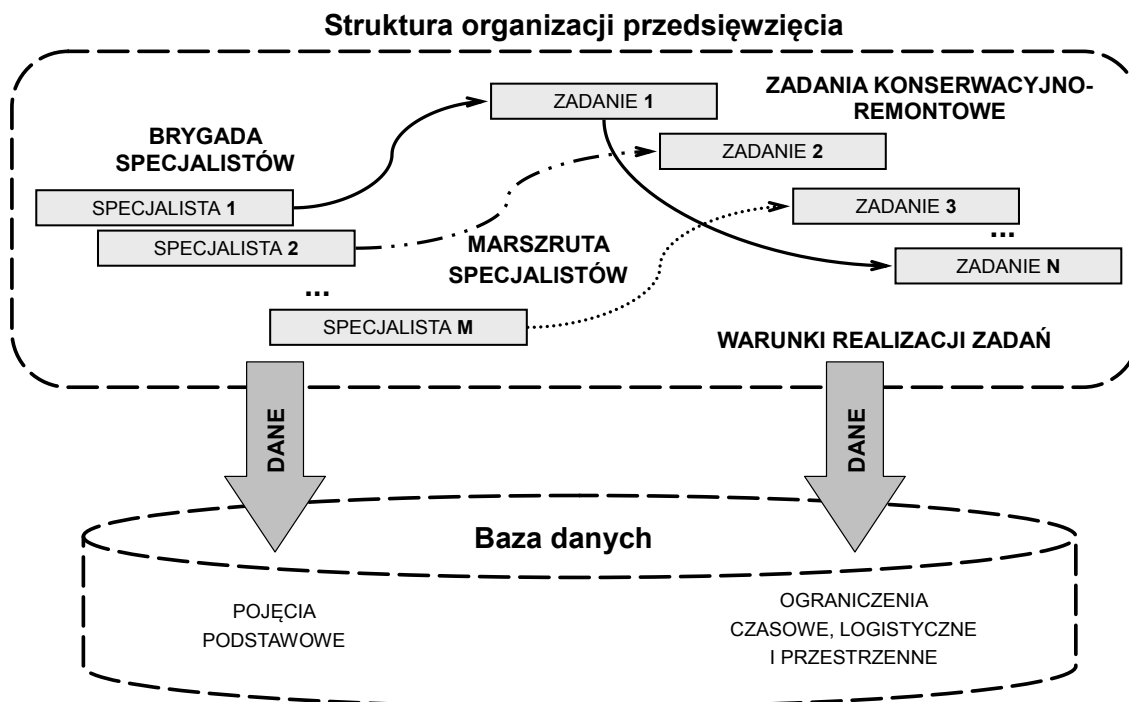
Źródło: Opracowanie własne

11.3 ANALIZA SPECYFIKI POSIADANYCH ZASOBÓW I IDENTYFIKACJA WARUNKÓW REALIZACJI ZADAŃ

Istotnym czynnikiem wpływającym na jakość tworzonego rozwiązania jest poprawna identyfikacja własności i właściwości przedmiotu badań oraz wskazanie struktur zapisu obserwacji, które przy zadanych regułach będą gwarantowały uzyskanie ilościowych i jakościowych parametrów wielokryterialnej funkcji celu. W nawiązaniu do powyższego przeprowadzona została analiza sposobu przydzielania zadań specjalistom, ustalania kolejności ich realizacji, naliczania strat produkcyjnych spowodowanych niesprawnością parku maszynowego oraz rozliczania kosztów nadgodzin czasu pracy osób wykonujących zadania remontowo konserwacyjne w wybranym podmiocie gospodarczym posiadającym rozproszoną infrastrukturę techniczną. Wykorzystując wywiad ekspercki, obserwację oraz analizę dokumentacji wewnętrznej firmy sformułowany został opis badanego zjawiska, który przedstawiono poniżej. Posłużył on wyznaczeniu zmien-

nych modelu oraz określeniu reguł poszukiwania rozwiązań.

Realizacja zadań konserwacyjno remontowych w podmiotach gospodarczych, dysponujących rozległą infrastrukturą techniczną, charakteryzuje się przestrzennym rozproszeniem miejsc wykonania, obejmując operację transportu oraz operację technologiczną. Znane są zarówno czasy przejazdu pomiędzy miejscami realizacji prac, jak i czasy wykonania poszczególnych zadań. Zakłada się, że pracownik wykonuje zadanie indywidualnie. Na tym etapie rozważań, analizowane zagadnienie sprowadza się do problemu komiwojażera. W rozpatrywanym przykładzie mamy jednak do czynienia z planowaniem pracy brygady, składającej się z wielu specjalistów o różnorodnych kwalifikacjach. Kwalifikacja stanowi uprawnienie na wykonywanie określonego rodzaju pracy. Każde z zadań posiada termin najwcześniejszego rozpoczęcia prac, wynikający m.in. z konieczności oczekiwania na części zamienne, oraz terminu najpóźniejszego zakończenia, którego niedotrzymanie wiąże się z określoną stratą jednostki organizacyjnej, nadzorującej miejsce wykonania remontu lub konserwacji. W przypadku równoczesnego wystąpienia kilka opóźnień w jednostce, wielkość straty wyznaczana jest poprzez największe opóźnienie. Zadania opisywane są również poprzez priorytet, zadania awaryjne posiadają pierwszeństwo w realizacji. Przyjmuje się niezależność wykonania poszczególnych zadań. Specjaliści rozpoczynają i kończą zmianę roboczą w punkcie dyspozytorskim. Posiadają indywidualnie definiowany czas trwania zmiany oraz moment jej rozpoczęcia. Ponadnormatywny czas pracy specjalisty wyceniany jest odrębną stawką godzinową. Każdy pracownik wykonuje wszystkie powierzone mu zadania, które bezwzględnie wynikają z opracowanego przez dyspozytora harmonogramu.



Rys. 11.2 Budowa modelu strukturalnego

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: [10]

Wiedza o posiadanych zasobach, przydzielanych zadaniach oraz kryteriach ograniczających realizację prac remontowo konserwacyjnych tworzy niewątpliwie podstawę harmonogramowania pracy brygady specjalistów. Biorąc pod uwagę powyższy opis analizowanego zjawiska wyodrębniono dwie grupy informacji wykorzystywanej w budowie modelu (rys. 11.2):

- pojęcia podstawowe, które identyfikują: zasoby posiadane przez przedsiębiorstwo, miejsca realizacji prac oraz rodzaje zadań remontowo konserwacyjnych;
- ograniczenia czasowe, logistyczne i przestrzenne, które opisują sposób przydzielania i wykonania zadań poprzez zdefiniowanie uprawnień i kwalifikacji specjalistów, określenie czasu dostępu do zasobów, wskazanie priorytetów oraz kosztów realizacji.

11.4 MODELOWANIE KOMPLEKSÓW OPERACJI

Działania związane z modelowaniem matematycznym obejmują zarówno definiowanie zapisu pojęć podstawowych jak i ograniczeń czasowych, logistycznych i przestrzennych.

11.4.1 Definiowanie pojęć podstawowych

Z uwagi na powyższe dla kolejnych zmiennych przyjmuje się następujące oznaczenie:

- zbiór zadań konserwacyjno-remontowych:

$$\Omega = \{\omega_n\} \quad n = \overline{1, N} \quad (11.1)$$

gdzie: ω_n – kod n -tego zadania,
 N – liczba zadań;

- zbiór wydziałów produkcyjnych:

$$D = \{d_k\} \quad k = \overline{1, K} \quad (11.2)$$

gdzie: d_k – kod k -tego wydziału,
 K – liczba wydziałów (jednostek organizacyjnych);

- normatywny czas realizacji zadań:

$$\Theta = \{\vartheta_n\} \quad n = \overline{1, N} \quad (11.3)$$

gdzie: ϑ_n – czas wykonania zadania ω_n ;

- grupa specjalistów:

$$S = [s_m] \quad m = \overline{1, M} \quad (11.4)$$

gdzie: s_m – kod m -tego specjalisty,
 M – liczba specjalistów w brygadzie;

- czas transportu między wydziałami:

$$T = [\tau_{l,k}] \quad l = \overline{1, L} \quad k = \overline{1, K} \quad (11.5)$$

gdzie: $\tau_{l,k}$ – czas transportu od d_l do d_k ;

- alokacja zadań na wydziały:

$$A = [a_{k,n}] \quad k = \overline{1, K} \quad n = \overline{1, N} \quad (11.6)$$

gdzie: $a_{k,n} = \begin{cases} m, & \text{jeśli zadanie } \omega_n \text{ jest zlokalizowane na wydziale } d_k \\ & \text{powierzone zostało do realizacji specjalście } m, \\ 0, & \text{w przeciwnym przypadku.} \end{cases}$

11.4.2 Wyznaczanie ograniczeń czasowych, logistycznych i przestrzennych

Uprawnienia specjalistów do wykonywania zadań zapisane zostały jako macierz:

$$U = [u_{m,n}] \quad m = \overline{1, M} \quad n = \overline{1, N} \quad (11.7)$$

Elementami macierzy są:

$$u_{m,n} = \begin{cases} 1, & \text{jeśli specjalista } s_m \text{ jest uprawniony do wykonania zadania } \omega_n, \\ 0, & \text{w przeciwnym przypadku.} \end{cases}$$

Kwalifikacje specjalistów oznaczono poprzez:

$$Q = [q_m] \quad m = \overline{1, M} \quad (11.8)$$

gdzie: q_m – współczynnik określający kwalifikacje specjalisty s_m

natomiast priorytety wykonania zadań określono jako:

$$\Pi = [\pi_n] \quad n = \overline{1, N} \quad (11.9)$$

gdzie: π_n – priorytet realizacji zadania ω_n przyjmujący wartość:

$$\pi_n = \begin{cases} 1, & \text{jeśli zadanie } \omega_n \text{ jest awaryjne,} \\ 0, & \text{w przeciwnym przypadku.} \end{cases}$$

Najwcześniejszy termin rozpoczęcia realizacji zadania zapisano poprzez wektor:

$$\Phi = [\phi_n] \quad n = \overline{1, N} \quad (11.10)$$

gdzie: ϕ_n – moment najwcześniejszego rozpoczęcia realizacji zadania ω_n .

I analogicznie, najpóźniejszy termin zakończenia realizacji zadania poprzez:

$$\Psi = [\psi_n] \quad n = \overline{1, N} \quad (11.11)$$

gdzie: ψ_n – moment najpóźniejszego zakończenia realizacji zadania ω_n .

Ponadto opisano przedziały czasu pracy poszczególnych specjalistów określając:

- najwcześniejszy moment rozpoczęcia pracy przez specjalistę jako:

$$R = [r_m] \quad m = \overline{1, M} \quad (11.12)$$

gdzie: r_m – termin najwcześniejszego rozpoczęcia pracy przez specjalistę s_m ,

- najpóźniejszy moment zakończenia pracy przez specjalistę jako:

$$Z = [z_m] \quad m = \overline{1, M} \quad (11.13)$$

gdzie: z_m – moment najpóźniejszego zakończenia pracy przez specjalistę s_m ,

- oraz moment rozpoczęcia pracy w godzinach nadliczbowych jako:

$$C = [c_m] \quad m = \overline{1, M} \quad (11.14)$$

gdzie: c_m – moment rozpoczęcia pracy w nadgodzinach przez specjalistę s_m oraz

$$\forall_{1 \leq m \leq M} c_m \leq z_m.$$

Indywidualny przedział czasu pracy specjalisty zdefiniowano jako zależność:

$$(u_{m,n} = 1) \Rightarrow \left[\vartheta_{m,n} = \frac{\vartheta_n}{q_m} \right] \quad (11.15)$$

gdzie: $\vartheta_{m,n}$ – czas wykonania zadania ω_n przez specjalistę s_m , oraz

dla $q_m > 1$ przyjmuje się, że specjalista wykonuje zadanie w czasie krótszym od normatywnego.

Jednostkowe koszty pracy specjalistów w nadgodzinach opisano natomiast formułą:

$$E = [e_m] \quad m = \overline{1, M} \quad (11.16)$$

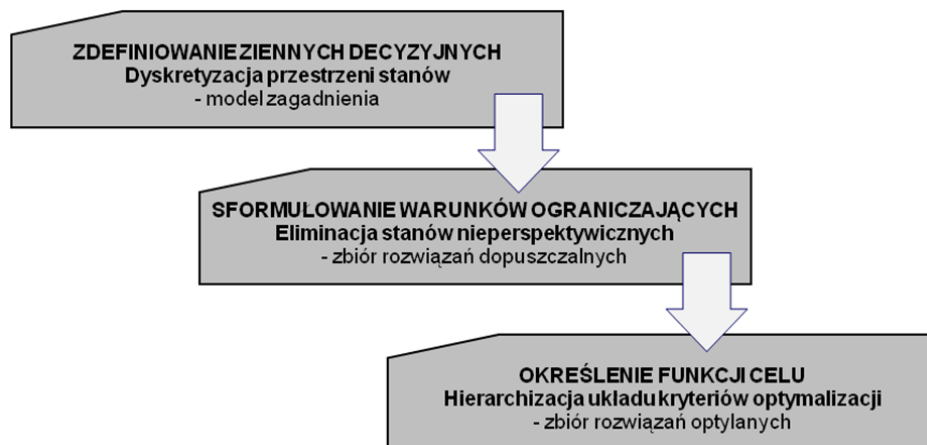
gdzie: e_m – jednostkowy czas pracy specjalisty s_m w godzinach nadliczbowych, natomiast jednostkowe straty zapisano w sposób następujący:

$$W = [w_k] \quad k = \overline{1, K} \quad (11.17)$$

gdzie: w_k – jednostkowa strata wydziału d_k .

11.5 TWORZENIE HARMONOGRAMU PRACY SPECJALISTÓW

Trzecim etapem procesu tworzenia architektury systemu informatycznego wspomagającego planowanie pracy specjalistów jest budowa harmonogramu zadań brygady. W uwagi na złożony charakter analizowanego zagadnienia, w poniższym opisie zastosowane zostaną pewne uproszczenia prowadzące do dyskretyzacji przestrzeni stanów. Problem sprowadzony zostanie do wygenerowania stanów procesu decyzyjnego, eliminacji stanów nieperspektywicznych oraz wyznaczenia rozwiązania optymalnego (rys. 11.3). Weryfikacja oraz konfiguracja algorytmu tworzenia harmonogramu pracy specjalistów realizowana będzie z poziomu kodu źródłowego aplikacji.



Rys. 11.3 Schemat działania aplikacji

Źródło: Opracowanie własne

11.5.1 Dyskretyzacja przestrzeni stanów

Idea algorytmu obliczeń oparta została na wieloetapowym procesie decyzyjnym. Etapem procesu nazwano przydzielenie pojedynczego zadania ω_n wybranemu specjalście s_m oznaczając działanie przez η , gdzie: $0 \leq \eta \leq N$. Ilość etapów jest ograniczona $N^* \leq N$. Przez λ oznaczono stan przyjmowany w ramach etapu η , gdzie: $1 \leq \lambda \leq \Lambda$, i przyjęto poniższą definicję stanu procesu decyzyjnego. Stanem nazwano macierz o postaci:

$$X^{\lambda, \eta} = [x_{n,1}^{\lambda, \eta}; x_{n,2}^{\lambda, \eta}] \quad n = \overline{1, N} \quad (11.18)$$

gdzie: $\forall_{1 \leq n \leq N} x_{n,1}^{\lambda, \eta} = \begin{cases} m, & \text{jeśli zadanie } \omega_n \text{ zostało przydzielone specjalście } s_m, \\ 0, & \text{w przeciwnym przypadku.} \end{cases}$

oraz $\forall_n [x_{n,1}^{\lambda, \eta} = m] \Rightarrow [x_{n,2}^{\lambda, \eta} = t_n] \quad (11.19)$

gdzie: t_n – moment zakończenia realizacji zadania ω_n .

Pozostałe współrzędne przyjmują wartości zerowe, tzn.:

$$\forall_n [x_{n,1}^{\lambda,\eta} = 0] \Rightarrow [x_{n,2}^{\lambda,\eta} = 0] \quad (11.20)$$

Interpretując powyższy zapis, pierwsza kolumna macierzy (11.18) wskazuje numer specjalisty, któremu przydzielono zadanie, natomiast druga kolumna określa moment zakończenia czasu realizacji zadania. W obliczeniach założono, że momenty: ϕ_n , ψ_n , r_m , z_m , c_m liczone są od chwili $t = 0$ oraz, że każdy stan $X^{\lambda,\eta}$ jest rozwiązaniem dopuszczalnym. W obliczeniach uwzględniono również następujące warunki:

- brak możliwości przejścia od stanu $X^{\lambda,\eta-1}$ do stanu $X^{\lambda,\eta}$ zapisaną w postaci:

$$x_{n,1}^{\lambda,\eta-1} = 0 \quad (11.21)$$

- przydzielenie wykonania zadania ω_n uprawnionemu specjalście s_m , który posiada numer m nie niższy niż maksymalny numer specjalisty w stanie poprzednim (niżej zapis pozwala uniknąć generowania stanów identycznych):

$$(u_{m,n} = 1) \wedge [\max_{1 \leq n \leq N} x_{n,1}^{\lambda,\eta-1} \leq m] \quad (11.22)$$

- uniemożliwienie wykonania zadań ω_n o priorytecie $\pi_n = 0$ w godzinach nadliczbowych pracownika s_m :

$$\pi_n \cdot (T_m^{*\lambda,\eta} - c_m) \quad (11.23)$$

- dotrzymanie terminu zakończenia realizacji zadania ω_n posiadającego wyższy priorytet:

$$T_m^{*\lambda,\eta} \leq (\pi_n \cdot z_m) \quad (11.24)$$

- oraz utrzymanie kosztów nadgodzin w ograniczonym limicie środków finansowych:

$$[K^{\lambda,\eta-1} + K^{\lambda,\eta}] \leq e_o \quad (11.25)$$

$K^{\lambda,\eta}$ oznacza koszty generowane w stanie $X^{\lambda,\eta}$ przez specjalistów realizujących zadania w czasie nadgodzin, które zdefiniowano następująco:

$$K^{\lambda,\eta} = \sum_{m \in B} (T_m^{*\lambda,\eta} - c_m) \cdot e_m \quad (11.26)$$

gdzie: $T_m^{*\lambda,\eta}$ – moment zakończenia realizacji ostatniego zadania ω_n przez specjalistę s_m w stanie $X^{\lambda,\eta}$, uwzględniający czas powrotu specjalisty do dyspozytorni ($k = 0$), zapisywany jako zależność:

$$T_m^{*\lambda,\eta} = T_m^{\lambda,\eta} + \tau_{l,k} \quad (11.27)$$

Elementy zbioru B zdefiniowano natomiast następująco:

$$\forall_m [T_m^{*\lambda,\eta} > c_m] \Rightarrow (m \in B) \quad (11.28)$$

Momentem zakończenia realizacji wszystkich zadań zleconych specjalistom na zmianie nazwano zależność:

$$T^{*\lambda,\eta} = \max_{m \in B} [T_m^{*\lambda,\eta}] \quad (11.29)$$

Możliwość przejścia od stanu $X^{\lambda, \eta-1}$ do stanu $X^{\lambda, \eta}$ (11.21) wyznaczono na podstawie sumarycznego, normatywnego czasu pracy, opisywanego zależnością:

$$V_n \left\{ \left[x_{n,1}^{\lambda, \eta} > 0 \right] \Rightarrow (n \in H) \right\} \Rightarrow [C^{\lambda, \eta} = \sum_{n \in H} \vartheta_n] \quad (11.30)$$

Ogólnej procedurze generowania stanów przypisano, zatem postać:

$$\begin{aligned} V_n V_{1 \leq m \leq M} \left[x_{n,1}^{\lambda, \eta-1} = 0 \right] \wedge \left[\max_{1 \leq n \leq N} x_{n,1}^{\lambda, \eta-1} \leq m \right] \wedge (u_{m,n} = 1) \wedge \left[\pi_n \cdot (T_m^{* \lambda, \eta} - c_m) \right] \wedge \\ \wedge \left[T_m^{* \lambda, \eta} \leq (\pi_n \cdot z_m) \right] \wedge \left\{ \left[K^{\lambda, \eta-1} + \sum_{m \in B} (T_m^{* \lambda, \eta} - c_m) \cdot e_m \right] \leq e_o \right\} \Rightarrow \\ \Rightarrow [X^{\lambda, \eta} = X^{\lambda, \eta-1} + \Delta X^{\lambda, \eta-1; \lambda, \eta}] \end{aligned} \quad (11.31)$$

Elementy macierzy $\Delta X^{\lambda, \eta-1; \lambda, \eta}$ są:

$$\begin{aligned} \Delta x_{i,1} &= \begin{cases} m, & i = n, \\ 0, & \text{w przeciwnym przypadku.} \end{cases} \\ \Delta x_{i,2} &= \begin{cases} t_n, & i = n, \\ 0, & \text{w przeciwnym przypadku.} \end{cases} \end{aligned} \quad (11.32)$$

W związku z powyższym zbiór rozwiązań tworzą stany, które gwarantują dotrzymanie zadeklarowanych przedziałów czasu pracy specjalistów oraz zapewniają nieprzekraczalność kosztu realizacji zadań awaryjnych realizowanych w ramach nadgodzin czasu pracy specjalistów ponad wyznaczony limit środków finansowych e_o jednostek organizacyjnych odpowiedzialnych za ich wykonanie. Nadmienić należy, że zadania awaryjne posiadają wyższy priorytet wykonania.

11.5.2 Eliminacja stanów nieperspektywicznych

W celu zmniejszenia liczby stanów w poszczególnych etapach obliczeń, wprowadzona zostaje reguła dominacji, umożliwiająca usuwanie stanów alternatywnych [6], [9]. Wykorzystuje ona pojęcie straty finansowej, będącej konsekwencją wstrzymania procesu produkcyjnego z powodu niesprawności maszyn lub urządzeń technicznych bezwzględnie wymagających wykonania prac konserwacyjno remontowych. Stratą określono wartość wyznaczaną w następujący sposób:

$$V^{\lambda, \eta} = \sum_{k=1}^{k=K} \max_{\omega_n \in G} (t_n - \psi_n) \cdot w_k \quad (11.33)$$

gdzie: elementy zbioru G zdefiniowano jako:

$$V_n (a_{k,n} > 0) \wedge (\pi_n = 1) \wedge (x_{n,2}^{\lambda, \eta} > \psi_n) \Rightarrow [\omega_n \in G] \quad (11.34)$$

Strata podmiotu gospodarczego jest sumą strat ponoszonych przez każdą z jednostek organizacyjnych przedsiębiorstwa. Wyliczana jest na podstawie czasu oczekiwania na wznowienie produkcji wydziału. Oznacza, że w obliczeniach poszukiwane jest zadanie posiadające największe opóźnienie w realizacji, wykonywane w trybie awaryjnym i występujące w planowanej zmianie roboczej.

Stany $X^{\lambda_1, \eta}$ i $X^{\lambda_2, \eta}$ nazwano alternatywnymi jeśli spełniają następujący warunek:

$$\begin{aligned} V_n V_{1 \leq m \leq M} \left\{ \left[x_{n,1}^{\lambda_1, \eta} = m \right] \Leftrightarrow \left[x_{n,1}^{\lambda_2, \eta} = m \right] \right\} \wedge \\ \wedge \left\{ \left[\max_{1 \leq n \leq N} x_{n,2}^{\lambda_1, \eta} = x_{\gamma_1, 2}^{\lambda_1, \eta} \right] \wedge (a_{k, \gamma_1} = m) \right\} \wedge \left\{ \left[\max_{1 \leq n \leq N} x_{n,2}^{\lambda_2, \eta} = x_{\gamma_2, 2}^{\lambda_2, \eta} \right] \wedge (a_{k, \gamma_2} = m) \right\} \wedge \\ \wedge \{ H_1 \Leftrightarrow H_2 \} \wedge \{ C^{\lambda_1, \eta} \Leftrightarrow C^{\lambda_2, \eta} \} \Rightarrow [X^{\lambda_1, \eta} \underline{\Delta} X^{\lambda_2, \eta}] \end{aligned} \quad (11.35)$$

gdzie: $\underline{\Delta}$ – symbol alternatywności.

Alternatywność cechuje rozwiązania, dla których jeden specjalista realizuje te same zadania w różnej kolejności, kończąc pracę w jednym punkcie.

Stan $X^{\lambda_1, \eta}$ dominuje nad stanem $X^{\lambda_2, \eta}$ jeżeli prawdziwa jest zależność:

$$V_{1 \leq m \leq M} \left\{ [X^{\lambda_1, \eta} \underline{\Delta} X^{\lambda_2, \eta}] \wedge [T_m^{\lambda_1, \eta} \leq T_m^{\lambda_2, \eta}] \wedge [V^{\lambda_1, \eta} \leq V^{\lambda_2, \eta}] \right\} \Rightarrow [X^{\lambda_2, \eta} \mapsto X^{\lambda_1, \eta}] \quad (11.36)$$

gdzie: \mapsto – symbol dominacji stanów.

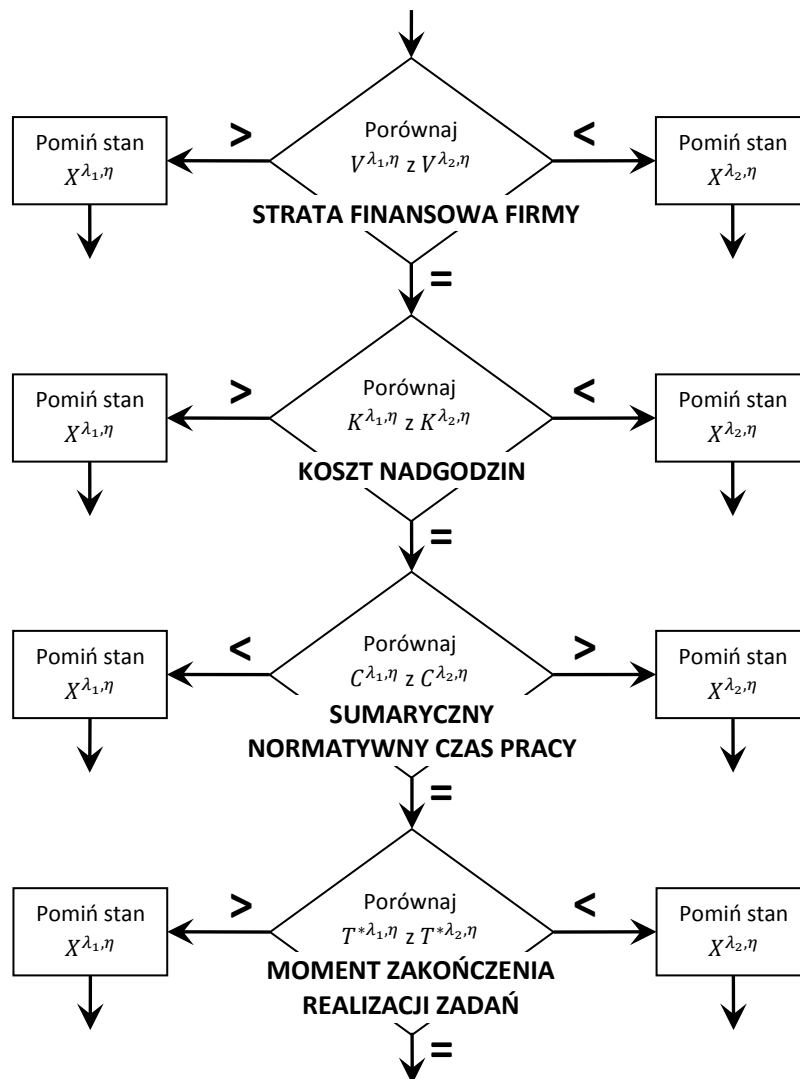
Zgodnie z powyższym, dominacja stanów alternatywnych określana jest na podstawie wartości, rozumianej jako strata, oraz momentu zakończenia realizacji wszystkich zadań przez specjalistów. Jeżeli formuła (11.36) wpisuje się w nierówność ostrą to stan $X^{\lambda_2, \eta}$ określa się jako nieperspektywiczny i pomija w dalszych obliczeniach. Jeżeli natomiast dla równania (11.36) spełniona jest równość to dominującym stanem będzie wygenerowany wcześniej.

11.5.3 Hierarchizacja układu kryteriów optymalizacji

Doświadczenie autora wskazuje, że dla przedsiębiorców najistotniejszym kryterium wyboru rozwiązania jest minimalizacja strat finansowych ponoszonych w związku ze wstrzymaniem przebiegu procesów produkcyjnych. Jeżeli dla dwóch dopuszczalnych rozwiązań straty są jednakowe to pomocnym kryterium staje się minimalizacja kosztów pracy specjalistów realizujących zadania w ramach nadgodzin. Jeżeli i te wartości stanów są jednakowe to, jako kryterium wyboru należało by przyjąć największy sumaryczny, normatywny czas pracy specjalistów. Niniejsze kryterium umożliwi wskazanie rozwiązania, dla którego, przyjmując jednakowe przedziały czasu pracy specjalistów, czas związany z przemieszczaniem się specjalisty pomiędzy miejscami realizacji zadań konserwacyjno remontowych był krótszy. W przypadku, gdy i ten warunek równorzędnie spełniają obydwa stany, to w dalszym ciągu poszukiwań można posłużyć się kryterium minimalizacji czasu trwania wykonalności wszystkich zadań. Oznacza to poszukiwanie rozwiązania posiadającego większy współczynnik zrównoleglenia przebiegu prac konserwacyjno remontowych. Powyższe kryteria należy rozpatrywać w ujęciu hierarchicznym zgodnie ze schematem przedstawionym na rys. 11.4.

W budowie rozwiązania przyjęto następujący układ kryteriów optymalizacji:

$$\begin{aligned} 1 \quad & V^{\lambda, \eta} = \sum_{k=1}^{k=K} \max_{\omega_n \in G} (t_n - \psi_n) \cdot w_k \rightarrow \min \\ 2 \quad & K^{\lambda, \eta} = \sum_{m \in B} [T_m^{* \lambda, \eta} - c_m] \cdot e_m \rightarrow \min \\ 3 \quad & C^{\lambda, \eta} = \sum_{n \in H} \vartheta_n \rightarrow \max \\ 4 \quad & T^{* \lambda, \eta} = \max_{m \in B} [T_m^{* \lambda, \eta}] \rightarrow \min \end{aligned} \quad (11.37)$$



Rys. 11.4 Hierarchiczny układ kryteriów optymalizacji

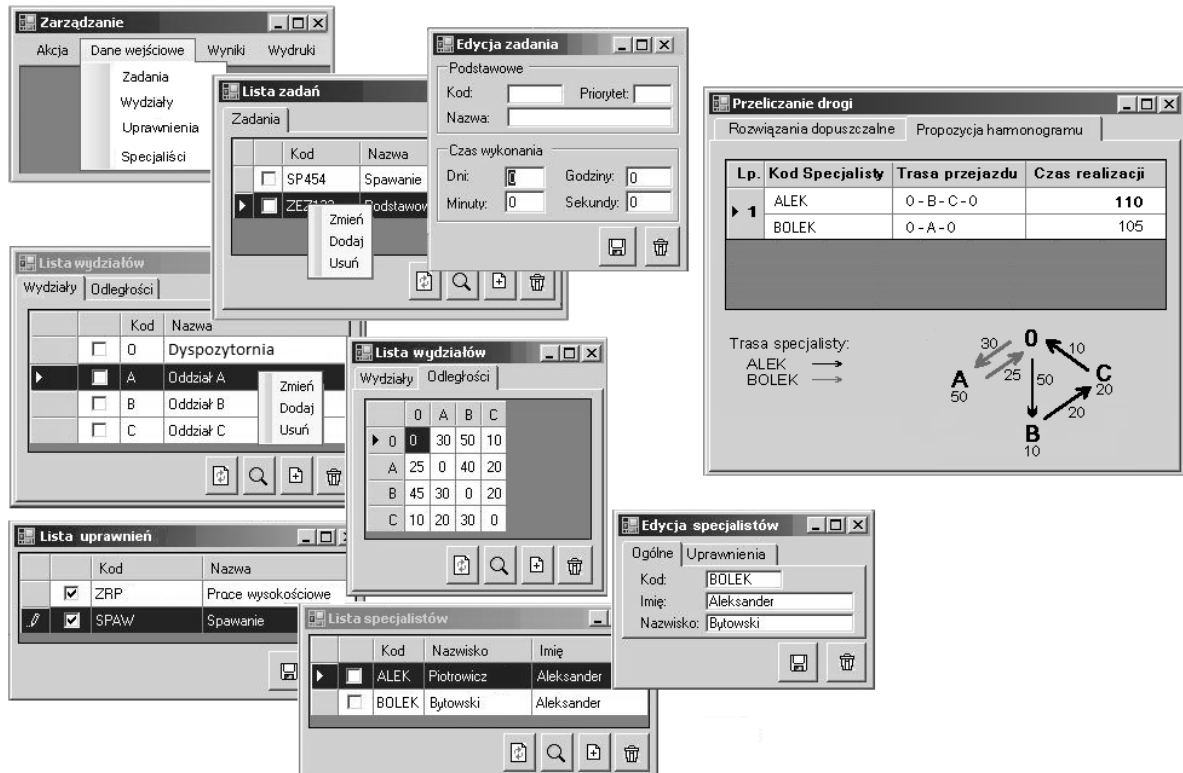
Źródło: Opracowanie własne

11.6 BUDOWA INTERFEJSU APLIKACJI

Jednym z podstawowych warunków osiągnięcia zadowalających rezultatów wspomagania procesu planowania pracy specjalistów jest efektywne przekształcenie abstrakcyjnego modelu w program komputerowy. Budowa interfejsu aplikacji jest często najbardziej czasochłonnym etapem prac, nierzadko decydującym o opłacalności całego przedsięwzięcia. Generowanie aplikacji opiera się na modelu oprogramowania z automatycznym instalowaniem komponentów rozumianych, jako niezależnie wytworzone, nabywane i instalowane moduły binarne, które współdziałając ze sobą tworzą funkcjonalny system [1], [3], [4], [11], [12], [13].

Weryfikacja produktu końcowego wymienionych faz jest immanentnym elementem każdego kroku.

Rys. 11.5 przedstawia prototyp implementacji systemu informatycznego wspomagającego decyzje dyspozytora.



Rys. 11.5 Prototyp implementacji systemu wspomagającego planowanie pracy specjalistów

Źródło: Opracowanie własne

PODSUMOWANIE

Zgodnie z obserwacją autora realizacja procesu projektowania systemu wspomagającego planowanie pracy specjalistów wymaga od analityka i projektanta obszernej wiedzy eksperckiej zarówno w zakresie metodyki projektowania jak i przedmiotu modelowania. Dla pozyskania w pełni wartościowego narzędzia poza umiejętnością posługiwania się formalnym językiem zapisu, konieczna jest, bowiem wiedza ekspercka, stanowiąca znaczący czynnik działań twórczych. Oczekiwane efekty skuteczności pracy dyspozytora wspierane zakresem funkcjonalności projektowanej implementacji wymusiły poszukiwanie struktur, które przy zadanych regułach gwarantowały uzyskanie ilościowych i jakościowych parametrów wielokryterialnej funkcji celu. Ograniczenie liczby generowanych rozwiązań uzyskano poprzez wprowadzenie dodatkowych ograniczeń modelu oraz poprzez wykorzystanie heurystyk eliminacji stanów nieperspektywicznych [7], [8], [9].

LITERATURA

- 1 L. Bass, P. Clements, R. Kazman. *Software Architecture in Practice*. Addison-Wesley Longman, Reading, MA. 1997.
- 2 P. Beynon-Davies. *Inżynieria systemów informacyjnych*. Warszawa: WNT, 1999.
- 3 G. Booch. I. Jacobson, J. Rumbaugh. *The Unified Modeling Language User Guide*, Addison-Wesley Longman, Reading, MA. 1997.

- 4 W. Chmielarz. *Systemy informacyjne wspomagające zarządzanie. Aspekt modelowy w budowie systemów*. Warszawa: Dom Wydawniczy Elipsa, 1996.
- 5 R. Damnicki, A. Kasprzyk, M. Kozłowski. *Analiza i projektowanie obiektowe*. Gliwice: Helion, 1998.
- 6 M. Flasiński. *Wstęp do analitycznych metod projektowania systemów informatycznych*. Warszawa: WNT, 1997.
- 7 A. Janiak. *Wybrane problemy i algorytmy szeregowania zadań i rozdziału zasobów*. Warszawa: Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, 1999.
- 8 J. Józefczyk. *Wybrane problemy podejmowania decyzji w kompleksach operacji*, Wrocław: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2001.
- 9 F. Marecki. *Modele matematyczne i algorytmy alokacji operacji i zasobów na linii montażowej*. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, 1986.
- 10 E. Milewska. „Projektowanie systemu informatycznego wspomagającego pracę specjalisty - studium przypadku”. *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*, t.2. R. Knosala (red.). Opole: Oficyna Wydaw. Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, 2015, s. 780-790.
- 11 H.A. Simon. *Podejmowanie decyzji kierowniczych. Nowe nurty*. Warszawa: PWE, 1982.
- 12 K. Subieta. *Słownik często spotykanych terminów dotyczących obiektowości*. Warszawa: IPI PAN, 1997.
- 13 C. Szyperski. *Component Software*. Addison-Wesley Longman, 1997.
- 14 E. Turban. *Decision Support and Expert Systems. Management Support Systems*. New York: Macmillan Publishing Company, 1990.

ZASTOSOWANIE ALGORYTMÓW SZEREGOWANIA ZADAŃ DO PLANOWANIA PRACY SPECJALISTÓW

Streszczenie: W artykule przedstawiono etapy budowy systemu informatycznego wspomagającego zarządzanie pracą specjalistów, umożliwiając zautomatyzowanie procesu decyzyjnego dyspozytora. Autor opracował elementy modelu matematycznego i zdefiniował kryteria optymalizacji harmonogramowania pracy wykwalifikowanych pracowników. Przedstawił również prototyp implementacji systemu.

Słowa kluczowe: harmonogram pracy, algorytmy szeregowania zadań, optymalizacja

USE OF SCHEDULING ALGORITHMS FOR SCHEDULING THE WORK OF SPECIALISTS

Abstract: This paper presents the stages of building management system supporting the work of specialists, allowing to automate the decision-making process dispatcher. The author developed a mathematical model elements and scheduling optimization criteria defined skilled labor. She also presented a prototype system implementation.

Key words: work schedule, scheduling algorithms, optimization

Dr inż. Elżbieta MILEWSKA
Politechnika Śląska
Wydział Organizacji i Zarządzania
Instytut Inżynierii Produkcji
ul. Roosevelta 26-28, 41-800 Zabrze
e-mail: Elzbieta.Milewska@polsl.pl

Data przesłania artykułu do Redakcji: 12.05.2015
Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 16.07.2015