

Konrad LEWCZUK

Politechnika Warszawska, Wydział Transportu
00-662 Warszawa, ul. Koszykowa 75,
kle@it.pw.edu.pl

ORGANIZACJA PROCESU MAGAZYNOWEGO A EFEKTYWNOŚĆ WYKORZYSTANIA ZASOBÓW PRACY

Streszczenie:

Proces magazynowy generuje koszty związane m.in. z utrzymaniem zapasu oraz utrzymaniem systemów transportu wewnętrznego. Poprawna identyfikacja tego procesu poprzez wydzielenie i opis poszczególnych zadań i środków ich realizacji, umożliwia zastosowanie programowania matematycznego jako narzędzia jego organizacji. W artykule przedstawiono zadanie optymalizacyjne organizacji procesu magazynowego z funkcją kryterium opisującą równomierność wykorzystania dysponowanych zasobów pracy. Odpowiedni dobór zasobów pracy i ich równomierne obciążanie są warunkiem efektywności pracy obiektów magazynowych. Zadanie opatrzone zostało przykładem obliczeniowym.

Słowa kluczowe: proces magazynowy, organizacja, harmonogramowanie, optymalizacja.

WSTĘP

Standaryzacja w systemach logistycznych w zakresie przetwarzania informacji, opakowań, środków transportu umożliwiły efektywną obsługę znacznych strumieni materiałowych. Powszechne wykorzystanie środków transportu masowego oraz specjalizowanych technologii przeładunkowych i magazynowania ogranicza możliwość technicznej poprawy efektywności przepływu materiałów. Do dyspozycji ciągle pozostają jeszcze środki organizacyjne.

Przeływ materiałów powinien być niezakłócony i odbywać się z możliwie jak najmniejszą liczbą potencjalnych zatrzymań. Z kolei wypełnianie przez magazyny podstawowych funkcji, takich jak buforowanie, konsolidacja, dekonsolidacja i przekierowanie strumieni materiałowych wymaga dokonywania operacji na tych materiałach, czyli zakłóca ich swobodny przepływ. Koszty obsługi logistycznej materiałów w magazynach i utrzymania zapasu mogą wynosić w przybliżeniu ok. 8% wartości sprzedażowej materiałów, przy czym ok. 3,5% stanowią koszty transportu, a blisko 4% koszty magazynowania i utrzymania zapasu [6]. W wielu przypadkach ponad 60% tej sumy stanowi koszt utrzymania i pracy środków transportu wewnętrznego oraz pracowników, czyli realizacji procesu magazynowego, co przy większych przedsiębiorstwach może przekładać się na koszty rzędu milionów złotych.

Zmniejszanie kosztów obsługi magazynowej jest celem menadżerów logistyki i może być dokonywane poprzez zmiany technologiczne i sprzętowe lub organizacyjne. W artykule przedstawiono zadanie optymalizacyjne uwzględniające wybrane wskaźniki oceny efektywności procesu magazynowego, będące narzędziem organizacji.

Proces magazynowy realizowany jest przez pracowników i urządzenia, którzy w połączeniu będą rozumiani jako zasoby pracy. Dąży się do jak najlepszego wykorzystania potencjału wytwórczego tak rozumianych zasobów pracy poprzez poprawną organizację procesu magazynowego.

1. PROCES MAGAZYNOWY

Proces magazynowy jest układem zadań związanych z przemieszczaniem i/lub zmianą postaci fizycznej jednostek materiału za pomocą odpowiedniego sprzętu i pracowników (zasobów pracy), zorganizowany i sterowany przez specjalistyczne narzędzia informacyjne, dokonywany w obrębie obiektu magazynowego [7]. Elementem procesu magazynowego jest też oczywiście składowanie (przechowywanie) materiałów, jednakże ze względu na to, iż generuje ono inny rodzaj kosztów niż przemieszczanie i ma jedynie pośredni wpływ na transport wewnętrzny, nie będzie rozważane w tym artykule.

Zadania procesu magazynowego wynikają z ciągu technologicznego, jakiemu podlegają jednostki materiału przechodzące przez magazyn począwszy od przyjęcia przez wprowadzenie, komisjonowanie, wyprowadzenie aż do wysyłki. Narzuca to na proces magazynowy szereg ograniczeń wynikających z kolejności, priorytetów i technologii realizacji operacji magazynowych. Organizacja takiego procesu polega na odpowiednim ułożeniu zadań i przydzieleniu im zasobów pracy do realizacji. Zasoby pracy mogą być jedną z wielu dozwolonych kombinacji w układzie pracownik-urządzenie. W typowym magazynie występuje około 3-4 kategorii pracy ludzkiej oraz 3-4 typy urządzeń. Jest to więc zadanie planistyczne, które może zostać zapisane z wykorzystaniem narzędzi programowania matematycznego i tak też rozwiązane.

Identyfikacja zadań procesu magazynowego jest dokonywana na etapie projektowania magazynu lub w drodze analizy istniejącego procesu i zależy od wielu czynników wynikających z opracowanych profili magazynowych (*Warehouse Activity Profiling* – [6]). Jest ona przy tym kluczowa, gdyż umożliwia sterowanie tym procesem. Tak więc, na proces magazynowy składają się zadania o numerach $i = 1, 2, \dots, I$, realizowane przez zasoby pracy $p = 1, 2, \dots, P$. Każde zadanie procesu ma znaną pracochłonność dobową realizacji L^{Dp}_i (roboczogodzin/dobę) przez p -ty zasób, przy czym pracochłonność jest iloczynem dobowej liczby powtórzeń określonego cyklu transportowego i czasu wykonania jednego powtórzenia przez p -ty zasób. Dla uproszczenia przyjmuje się, że zadania mają na stałe przydzielone typy zasobów do realizacji. Każdy zasób pracy jest parą $p \equiv (u, c)$, gdzie $u = 0, 1, 2, \dots, U$ są kolejnymi typami urządzeń stosowanych w procesie, a $c = 0, 1, 2, \dots, C$ są kolejnymi kategoriami pracy ludzkiej. $c = 0$ oznacza pracę automatyczną, a $u = 0$ oznacza pracę ręczną bez wykorzystania urządzeń. Każde urządzenie i kategoria pracy ludzkiej oraz zasób pracy charakteryzują się znanym kosztem godziny pracy k^u , k^c oraz k^p (zł/h).

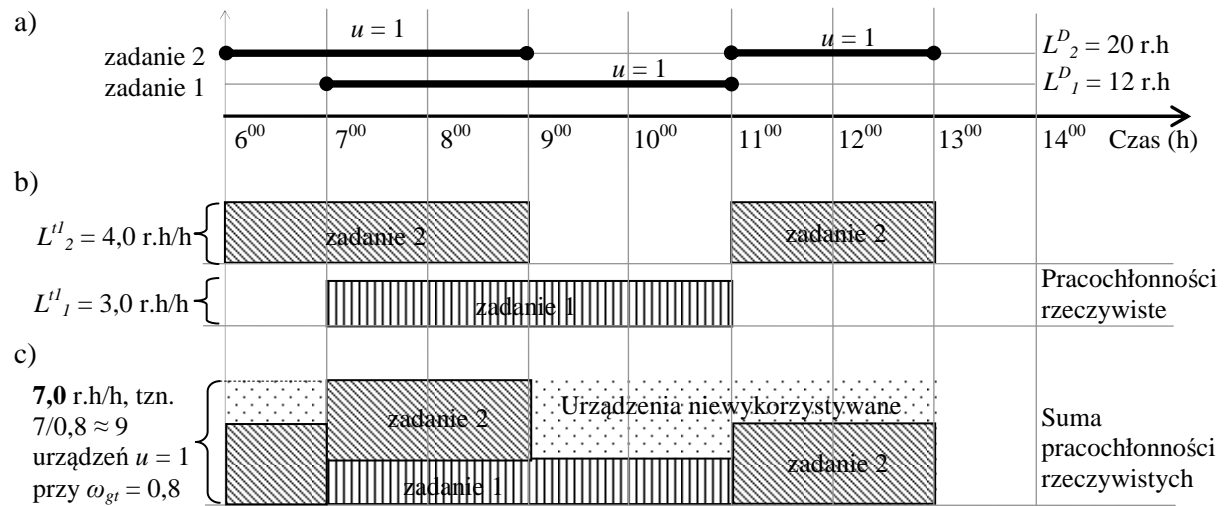
Dany jest dobowy czas pracy magazynu l (h) i wszystkie zadania procesu muszą zostać w tym czasie zrealizowane. Dobowy czas pracy podzielony jest na T równych odcinków czasu numerowanych kolejno $t = 1, 2, \dots, T$, o realnej długości ok. 0,5-1h.p

2. ORGANIZACJA PROCESU MAGAZYNOWEGO

Organizowanie procesu magazynowego polega m.in. na takim wzajemnym rozłożeniu w czasie jego zadań, aby przy określonych wartościach wskaźników wydajności ogólny koszt realizacji był minimalny. Organizacja procesu magazynowego w takiej formie jest harmonogramowaniem, czyli przydzielaniem zadaniom czasu dysponowanego (czasu realizacji) w ramach dobowego czasu pracy. Na tej podstawie wyznacza się liczbę zasobów pracy dla każdego zadania oraz dla całego procesu, co daje podstawę do szacowania kosztów jego realizacji [2] [3] [1] [7].

Rozkładanie zadań w czasie polega na przydzielaniu do nich odcinków czasu t , w których mają one być wykonywane. Im więcej zostanie przydzielone do zadania odcinków t , tym mniej będzie potrzebne zasobów do jego realizacji, gdyż pracochłonność tego zadania rozłoży

się na dłuższy czas (rys. 1). Z kolei wszystkie zadania procesu magazynowego są powiązane technologicznie, tak więc ograniczają się nawzajem i są zależne od siebie. Szczegółową analizę potencjalnych ograniczeń procesu magazynowego przeprowadzono w pracy [7]. Dzięki skwantyfikowaniu czasu pracy do T równych odcinków możliwe staje się określenie natężenia pracochłonności w każdym t -tym odcinku czasu. Natężenie to jest sumą natężeń wynikających z realizacji wszystkich zadań procesu, które w danym t -tym momencie mają być wykonywane. Natężenie pracochłonności realizacji zadań może być dokonane tylko dla zasobów pracy o tym samym koszcie godziny pracy.



Rys. 1. Wykres pracochłonności rzeczywistej realizacji dwóch zadań przez urządzenie $u = 1$ typu.

Źródło: opracowanie własne.

Ostatecznym miernikiem jakości organizacji procesu magazynowego jest koszt jego realizacji (zwłaszcza koszt operacyjny, tj. nie uwzględniający składowych związanych z utrzymaniem infrastruktury i urządzeń niemechanicznych). Zasady szacowania tego kosztu przedstawione zostały m.in. w pracach [5] [4] [7]. Koszt ten zależny jest od jakości organizacji pracy, która przekłada się na liczbę (i typ) urządzeń oraz liczbę pracowników różnych kategorii pracy. Te z kolei są powiązane ze *wskaźnikiem równomierności wykorzystania zasobów pracy*. W dalszej części artykułu zostanie wykazane, że maksymalizacja wartości tego wskaźnika będzie przekładać się na zmniejszanie kosztów realizacji procesu magazynowego.

Wskaźnik równomierności wykorzystania u -tego typu urządzeń θ_{oz}^u , pracowników c -tej kategorii pracy ludzkiej θ_{oz}^c lub p -tych zasobów pracy θ_{oz}^p zdefiniowano jako stosunek pola odpowiadającego pracochłonności całkowitej odpowiadającej danemu typowi urządzenia, kategorii pracy lub zasobowi do pola wynikającego z maksymalnego natężenia pracochłonności (rys. 1c).

$$\theta_{oz}^u = \frac{\sum_{i=1}^I L_i^{Du}}{l \cdot \max_{t \in \{1, 2, \dots, T\}} \left\{ \sum_{i=1}^I L_i^{tu} \right\}} \quad \text{lub} \quad \theta_{oz}^c = \frac{\sum_{i=1}^I L_i^{Dc}}{l \cdot \max_{t \in \{1, 2, \dots, T\}} \left\{ \sum_{i=1}^I L_i^{tc} \right\}} \quad \text{lub} \quad \theta_{oz}^p = \frac{\sum_{i=1}^I L_i^{Dp}}{l \cdot \max_{t \in \{1, 2, \dots, T\}} \left\{ \sum_{i=1}^I L_i^{tp} \right\}} \quad (1)$$

gdzie: $L_i^{Du} / L_i^{Dc} / L_i^{Dp}$ – dobowo pracochłonność rzeczywista realizacji zadania i -tego przez u -ty typ urządzenia, c -tą kategorię pracy ludzkiej lub p -ty zasób (r.h),

- $L_i^u / L_i^c / L_i^p$ – natężenie pracochłonności realizacji zadania i -tego w chwili t -tej dla u -tego typu urządzenia, c -tej kategorii pracy lub p -tego zasobu (r.h),
 l – dobowy czas pracy magazynu, wyrażony w tej samej jednostce, w której wyrażono długość odcinków t (h).

Przyjmując, że $p \equiv (u, c)$, wskaźniki liczone oddzielnie dla urządzeń i pracowników mogą zostać sprowadzone do jednej wartości, opisującej cały proces. W tym celu pracochłonność rzeczywistą wyważa się kosztem godziny pracy danego zasobu pracy i dzięki temu możliwe jest sumowanie tych pracochłonności. W takim przypadku można mówić o wskaźniku równomierności wykorzystania wszystkich zasobów pracy θ_{oz}^{zas} :

$$\theta_{oz}^{zas} = \sum_{p=1}^P \left(\frac{\sum_{i=1}^I L_i^{Dp} \cdot k^p}{l \cdot \sum_{z=1}^P k^z \cdot \max_{t \in \{1, 2, \dots, T\}} \left\{ \sum_{i=1}^I L_i^{tp} \right\}} \right) \quad (2)$$

gdzie: k^p, k^z – koszt godziny pracy zasobu p -tego lub z -tego typu (zł/h),
 pozostałe oznaczenia j/w.

Wskaźnik ten może posłużyć do sformułowania funkcji kryterium oceny zadania optymalizacyjnego organizacji procesu magazynowego.

3. ZADANIE OPTIMALIZACYJNE ORGANIZACJI PROCESU MAGAZYNOWEGO

Zakładając, że praca magazynu będzie organizowana poprzez przydzielanie do każdego i -tego zadania pewnej liczby odcinków czasu t o określonej długości, możliwe jest sformułowanie zadania optymalizacyjnego z funkcją celu maksymalizującą efektywność wykorzystania zasobów pracy magazynu opartą o zależność (2). W tym celu wprowadzono do rozważań zmienne decyzyjne $x_i^{p,t}$ binarne o interpretacji:

$$x_i^{p,t} = \begin{cases} 1, & \text{jeżeli } i\text{-te zadanie jest realizowane przez zasób } p\text{-tego typu w } t\text{-tym odcinku czasu,} \\ 0, & \text{w przeciwnym wypadku.} \end{cases}$$

Zmienne decyzyjne tworzą macierz $\mathbf{X} = [x_i^{p,t}]_{I \times T}$.

Liczba zainstalowanych urządzeń i zatrudnionych pracowników wynika z okresowego szczytu natężenia pracochłonności procesu. W pozostałych okresach część zainstalowanego potencjału pozostaje niewykorzystana – oznaczone pole na rys. 1c. Minimalizowanie wielkości tego pola oznacza lepsze wykorzystanie urządzeń i pracowników i unikanie strat związanych z przestojami. Funkcja celu maksymalizuje wartość wskaźnika równomierności wykorzystania zasobów pracy wyrażonego jako stosunek odpowiednich pól na wykresie pracochłonności sprowadzonej procesu.

$$F(\mathbf{X}) = \frac{\sum_{p=1}^P \sum_{i=1}^I L_i^{Dp} k^p \cdot \left(\sum_{y=1}^P k^y \right)^{-1}}{\max_{t \in \{1, 2, \dots, T\}} \left\{ T \cdot \sum_{i=1}^I \left(\frac{L_i^{Dp} x_i^{p,t}}{\sum_{s=1}^T x_i^{p,s}} \right) \right\}} \rightarrow \max_{[\mathbf{X}]}, \quad F(\mathbf{X}) \in (0; 1) \quad (3)$$

przy czym:
$$\sum_{t \in \{1, 2, \dots, T\}} x_i^{p,t} \geq 1, \quad \forall i \in \{1, 2, \dots, I\}, \quad (4)$$

oraz
$$\forall p \equiv (u, c) \quad k^p = k^u + k^c, \quad (5)$$

gdzie: oznaczenia jak we wzorach (1) i (2).

Powyższe zadanie optymalizacyjne musi zostać opatrzone dodatkowymi ograniczeniami wynikającymi z technologii transportu wewnętrznego i ze specyfiki samego procesu magazynowego. Możliwe jest wyróżnienie ograniczeń nakładanych na: momenty rozpoczęcia i zakończenia zadań, wyłączenie przedziałów czasu, liczbę urządzeń, pracowników i zasobów pracy, kolejności realizacji, minimalny czas dysponowany zadań itp. Ograniczenia te zostały sformułowane w pracach [2], [3], [1], [7] i nie będą przytaczane.

4. WERYFIKACJA OBLICZENIOWA

Dla określonego procesu magazynowego składającego się z dziewięciu zadań dokonano porównania różnych wariantów organizacji z podaniem wartości wskaźnika równomierności wykorzystania zasobów pracy oraz innymi parametrami technologicznymi i kosztowymi. Magazyn pracuje przez 290 dni roboczych w roku, na 1 zmianę. Przyjęto, że liczba odcinków czasowych $T = 12$ przy długości odcinka 40 min. Dane dotyczące zadań procesu przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Dane procesu magazynowego.

Nr zadania i	Dobowa liczba powtórzeń λ_i^D	Czas jednostkowy t_i (h)	Pracochłonność dobową L_i^D (r.h)	Zasób pracy p	Ograniczenia
1	302	0,028618	8,643	1	Minimalny czas dysponowany 80 min ^{*)} Minimalna długość odcinka $2 \times t$ Jest zadaniem poprzedzającym dla $i = 2$
2	302	0,036387	10,989	2	Nie może być realizowane w $t = 1, 2, 3$ Minimalna długość odcinka $2 \times t$ Poprzedza zadanie $i = 1$
3	218	0,00543	1,184	4	Minimalna długość odcinka $3 \times t$ Zakaz równoległości z zadaniem $i = 4$
4	145	0,021138	3,065	1	Minimalna długość odcinka $3 \times t$ Zakaz równoległości z zadaniem $i = 3$
5	314	0,033953	10,661	1	Minimalna długość odcinka $1 \times t$
6	338	0,034575	11,686	3	Nie może być realizowane w $t = 11, 12$ Minimalna długość odcinka $1 \times t$
7	160	0,013862	2,218	4	Nie może być realizowane w $t = 1, 2, 3, 4$ Minimalna długość odcinka $2 \times t$
8	110	0,019397	2,134	1	Minimalna długość odcinka $2 \times t$
9	198	0,025693	5,087	2	Minimalna długość odcinka $2 \times t$

Źródło: opracowanie własne, ^{*)}dotyczy wszystkich zadań.

Praca jest realizowana przez cztery typy zasobów pracy, scharakteryzowanych w tabeli 2.

Tabela 2. Zasoby pracy realizujące proces magazynowy.

Zasób pracy p	Typ urządzenia u	Koszt pracy urządzenia k^u (zł/h)	Kategoria pracy ludzkiej c	Koszt godziny pracy pracownika k^u (zł/h)	Koszt godziny pracy zasobu k^p (zł/h)	Stopień wykorzystania czasu pracy przez zasób ω^p
1	1	28,00	1	24,75	52,75	0,81
2	2	16,00	2	18,15	34,15	0,765
3	2	16,00	1	24,75	40,75	0,765
4	0	-	3	28,05	28,05	0,9

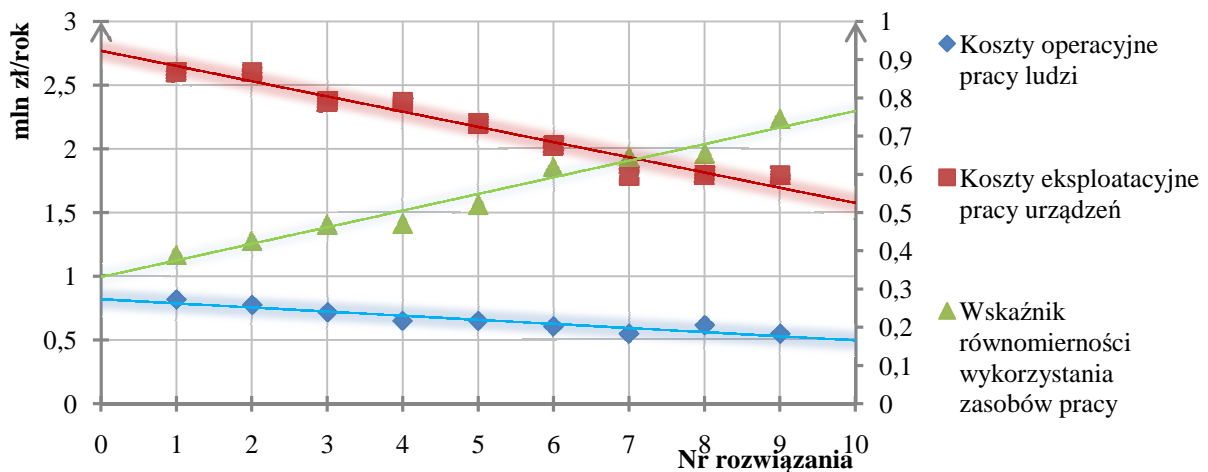
Źródło: opracowanie własne.

Proces magazynowy został zorganizowany w 9 wariantach uwzględniających ograniczenia realizacji zadań. Warianty charakteryzują się innymi wartościami wskaźnika równomierności wykorzystania zasobów pracy i zostały uszeregowane od najgorszego do najlepszego w tabeli 3. Zależność rocznych kosztów operacyjnych pracy ludzi i kosztów eksploatacyjnych pracy urzędów od wartości wskaźnika równomierności wykorzystania zasobów pracy przedstawiono na rys. 2. Obliczeń dokonano za pomocą aplikacji SCHED 4, wspomagającej projektowanie obiektów logistycznych.

Tabela 3. Wyniki obliczeń uzyskane w programie SCHED.

Nr rozw.	Liczba ludzi (% rezerwy wydajności)			Liczba urzędów (% rezerwy wydajności)		Liczba zestawów (% rezerwy wydajności)				θ_{oz}^{zas}	Roczne koszty eksploatacyjne pracy urzędów (zł/rok)	Roczne koszty operacyjne pracy ludzi (zł/rok)
	c = 1	c = 2	c = 3	u = 1	u = 2	p = 1	p = 2	p = 3	p = 4			
1	8 6,73	5 9,78	2 36,3	6 8,1	7 2,3	7 12,47	6 11,55	3 23,62	2 36,31	0,389	2 599 436,70	815 103,72
2	8 11,01	4 2,49	2 36,31	6 13,81	7 11,54	6 4,24	5 8,23	3 23,62	2 36,31	0,425	2 600 234,20	772 153,56
3	7 6,12	4 6,02	2 36,3	5 7,52	7 13,68	6 14,27	5 11,55	3 23,62	2 36,31	0,467	2 368 025,00	713 768,90
4	7 2,41	4 6,02	1 7,74	5 2,33	7 13,68	6 9,56	5 11,55	3 23,62	1 7,74	0,471	2 367 503,00	647 131,08
5	7 2,8	4 16,93	1 25,61	5 2,87	6 6,69	6 10,06	4 2,27	3 23,62	1 25,61	0,520	2 195 175,20	647 131,08
6	7 11,62	3 8,62	1 25,61	5 15,22	5 0,7	5 5,8	4 19,37	3 23,62	1 25,61	0,618	2 022 177,50	604 180,92
7	6 1,9	3 8,62	1 20,91	4 1,55	5 0,7	5 12,49	4 19,37	3 23,62	1 20,91	0,645	1 790 261,20	545 796,26
8	6 6,63	3 8,62	2 44,02	4 8,65	5 0,7	5 18,8	4 19,37	3 23,62	2 44,02	0,653	1 790 400,40	612 434,08
9	6 9,54	3 8,62	1 34,24	4 13,0	5 0,7	4 3,34	4 19,37	3 23,62	1 34,24	0,744	1 790 446,80	545 796,26

Źródło: opracowanie własne.

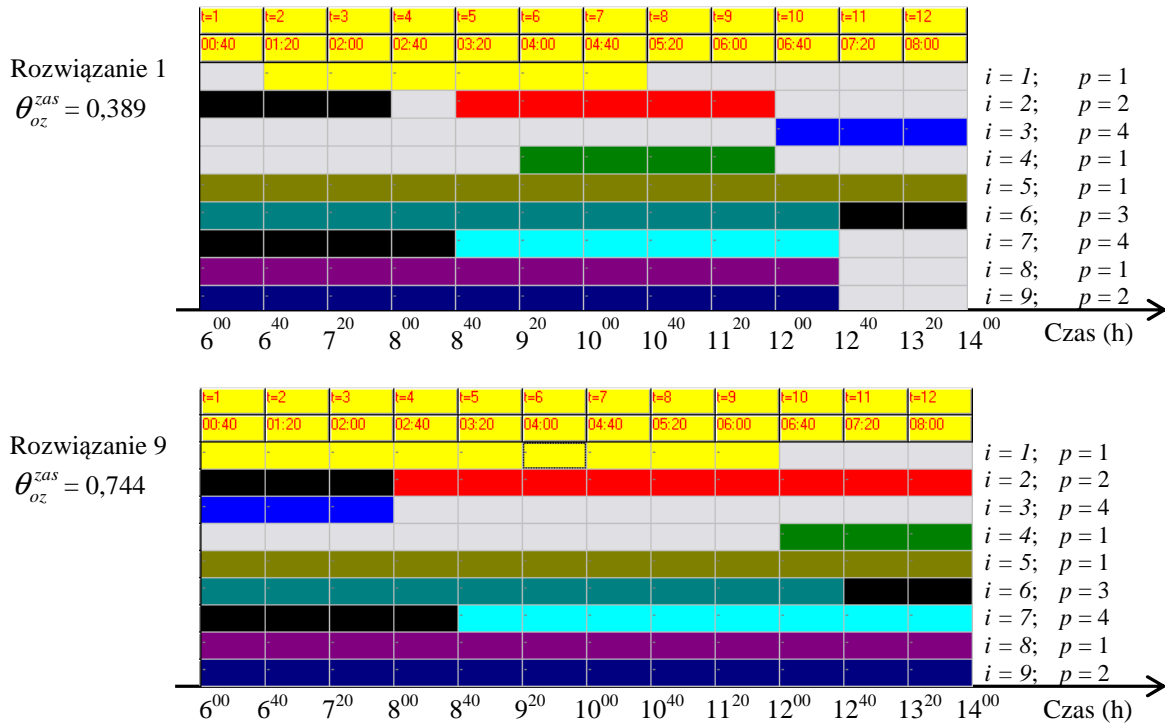


Rys. 2. Wyniki obliczeń uzyskane w programie SCHED.

Źródło: opracowanie własne.

W tabeli 3 zaprezentowano charakterystyczną dla każdego rozwiązania liczbę urzędów oraz pracowników wszystkich typów i kategorii i odpowiadające im koszty. Przedstawiono także wartość rezerwy wydajności dla tych zasobów powstałą ze względu na zaokrąglenia w górę do pełnych liczb, która także może wskazywać na dokonane zmiany w organizacji.

Rozwiązanie zadania odbywało się w drodze przydzielania zadaniom czasu dysponowanego zgodnie z ograniczeniami procesu. Poprzez dokonanie szeregu przydziałów uzyskano 9 rozwiązań, które wykazują spodziewaną zależność pomiędzy kosztami realizacji procesu magazynowego a wartością wskaźnika danego wzorem (2) przedstawioną na rys. 2. Na rys. 3. przedstawiono harmonogramy realizacji procesu wg wariantów 1 oraz 9.



Rys. 3. Harmonogramy realizacji procesu magazynowego wg rozwiązań 1 i 9.

Źródło: opracowanie własne.

PODSUMOWANIE

Przeprowadzone obliczenia wykazują, że wartość wskaźnika równomierności wykorzystania zasobów pracy jest skorelowana z kosztami realizacji procesu magazynowego. Z tego powodu zadanie optymalizacyjne wyznaczania wartości tego wskaźnika może zostać wykorzystane jako wspomaganie w projektowaniu racjonalnych procesów magazynowych, szczególnie w takich złożonych układach, w których kolejne zadania podlegają dużej liczbie wzajemnie zależnych ograniczeń.

Chociaż ograniczenia te nie zostały przytoczone w artykule, to ich identyfikacja i uwzględnianie w organizacji procesu z wykorzystaniem narzędzi programowania matematycznego ma duże znaczenie. Wszystkie te ograniczenia mogą zostać wyrażone za pomocą proponowanej w punkcie 3 binarnej zmiennej przydziału czasu dysponowanego do zadań. Oprócz tych ograniczeń, które zostały opisane w przytoczonych publikacjach możliwe jest stworzenie innych, zgodnych z cechami właściwymi badanemu procesowi magazynowemu.

Proponowana metodologia może zostać wykorzystana także do organizacji innych procesów technologicznych, których elementy mają cechy zadań procesu magazynowego, tj. składają się ze względnie dużej liczby powtórzeń określonej operacji, o znanym – stałym czasie trwania. Zadanie takie może w tym przypadku być podzielone na fragmenty o różnej długości, zawierające określoną liczbę powtórzeń danej operacji. Taka cecha zadania

odróżnia je od klasycznych zadań szeregowania operacji szeroko opisywanych w literaturze i utrudnia stosowanie znanych algorytmów rozwiązania [7].

Proponowana metoda oceny organizacji procesu magazynowego może zostać zaimplementowana w postaci prostych aplikacji komputerowych samodzielnych lub aplikacji zintegrowanych i wykorzystywana do bieżącej oceny efektywności organizacji procesu. Może ona także być traktowana jako narzędzie wspomagające pracę projektanta.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ambroziak T., Lewczuk K., A method for scheduling the goods receiving process in warehouse facilities, *Total Logistic Management*. Annual No.1, p. 7-14, AGH University of Science and Technology Press, Kraków 2008r.
- [2] Ambroziak T., Lewczuk K., Problematyka buforowania przepływów materiałów w aspekcie harmonogramowania procesów transportu wewnętrznego, *Logistyka* 4/2010.
- [3] Ambroziak T., Lewczuk K., Wybrane aspekty harmonogramowania procesu magazynowego. *Prace Naukowe PW Transport z.64, Współczesne wyzwania transportu w logistyce*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2008r.
- [4] Fijałkowski J., *Transport wewnętrzny w systemach logistycznych. Wybrane zagadnienia*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2003.
- [5] Fijałkowski J.: Czynniki kosztów w wymiarowaniu procesów przepływu ładunków w systemach logistycznych. *Rocznik nr 5 (2008), Wybrane Zagadnienia Logistyki Stosowanej*, PAN Komitet Transportu, Oficyna Wydawnicza TEXT, Kraków 2008.
- [6] Frazelle E., *World-Class Warehousing and Material Handling*, McGraw Hill Book Co, 2002.
- [7] Lewczuk K., *Metoda projektowania obiektów logistycznych w aspekcie harmonogramowania procesów transportu wewnętrznego*. Praca doktorska, Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej 2011.

WAREHOUSING PROCESS ORGANIZATION AND EFFICIENCY OF RESOURCES UTILIZATION

Abstract:

Warehousing process generates costs related to maintaining inventory and maintenance of internal transport subsystems. Proper identification of this process provided through the separation and description of all tasks and means for their implementation, allows considering mathematical programming as a tool for organization of this process. The article presents the optimization task of the organization of warehousing process with criterion function representing uniformity of available labor and technical resources usage. Proper selection of these resources and their uniform charging with work are conditions of efficiency of warehousing facilities. The task was supplemented by numerical example.

Keywords: warehousing process, organization, scheduling, optimization.