

Anna KWASIBORSKA *

ANALIZA ZAGADNIENIA ZAŁADUNKU FRACHTU LOTNICZEGO

Streszczenie

Przewozy frachtu lotniczego to istotny element wpływający na globalny rynek handlu. Polski rynek przewozów lotniczych został otwarty dla przewoźników unijnych przez przystąpienie Polski do Unii Europejskiej. Dane liczbowe przewożonych towarów drogą lotniczą nie wydają się optymistyczne. Wiele przesyłek przewożonych jest w lukach samolotów pasażerskich. Samoloty transportowe nie często goszczą na polskich lotniskach. Przyczyn należy upatrywać się w zbyt małej podaży ładunków. Jednakże istnieje szereg firm kurierskich, posiadających w swojej flocie przystosowane typy samolotów.

Obecnie każda firma transportowa stara się zwiększyć swoją wydajność przy jednoczesnym obniżeniu kosztów. Coraz większa konkurencja na rynku, wymagania klientów i dążenie do maksymalizacji zysków stawiają nowe wyzwania. Problem zagadnienia załadunku polega na takim dobraniu jak największej liczby ładunków, które jednocześnie można umieścić do zadanej przestrzeni ładunkowej, aby przewoźnik osiągnął jak największe korzyści.

Słowa kluczowe: cargo, ruch towarowy, infrastruktura lotniskowa, port lotniczy

1. WPROWADZENIE

Istotną gałęzią w transporcie lotniczym jest przewóz ładunków. Tego typu obsługą zajmują się wyspecjalizowane firmy spedycyjne, kurierskie dysponujące własną flotą samolotów i samochodów dostawczych, dostarczające ładunki niewielkich gabarytów w krótkim czasie od chwili nadania do momentu dostarczenia ładunku gdziekolwiek na świecie, oraz współpracujące z nimi agencje handlingowe. Najważniejszą zaletą transportu lotniczego jest: krótki czas przewozu oraz bardzo duży zasięg przestrzenny. Transport ten ma jednak sporo wad, do których zaliczyć można niewielką ładowność samolotów, co ogranicza wielkość przewożonych partii ładunkowych, niekorzystne rozmieszczenie przestrzenne sieci punktów transportowych, wydłużające w konsekwencji czas dostawy w relacji „door to door” (od drzwi do drzwi) oraz wysoki poziom stawek frachtowych, mimo silnej degresji kosztów jednostkowych na dużych odległościach.

Obsługę ładunków oraz wykonywanie czynności z tym związanych odbywają się w terminalu cargo. Terminal cargo pełni funkcję spedycyjną oraz miejsca składowania towarów przewożonych drogą lotniczą będących w obrocie krajowym jak i międzynarodowym.

2. CHARAKTERYSTYKA PRZEWOZU FRACHTU LOTNICZEGO

Obsługa frachtu składa się z szeregu czynności przygotowujących towar do przewozu. Zawiera ona obsługę celną, spedycyjną oraz logistyczną w ruchu eksportowym, importowym oraz w tranzycie (tabela 1). W zakresie frachtu lotniczego zawierają się usługi typu: konsolidacja, dostawy w zdefiniowanym czasie, specjalna obsługa, sprawdzanie przesyłek, odprawa celna oraz przygotowywanie dokumentacji.

* Politechnika Warszawska

Tabela 1. Specyfikacja obsługi frachtu lotniczego

OBSŁUGA CELNA	OBSŁUGA SPEDYCYJNA	OBSŁUGA LOGISTYCZNA
Weryfikacja dokumentów przed wysyłką	Dobór i optymalizacja przebiegu dostaw	Pakowanie towarów
Przygotowanie dokumentacji celnej	Realizacja i monitoring dostaw do i z całego świata	Dostawy just in time
Odprawy celne	Bezpośredni kontakt z dostawcą lub odbiorcą	Handling
Pomoc w uzyskiwaniu pozwoleń urzędów celnych	Przygotowanie instrukcji wysyłkowych	Magazynowanie przesyłek
Kontrola dokumentów celnych	Organizacja ubezpieczenia przesyłek w transporcie	Dystrybucja

Źródło: Opracowanie własne

W zakresie tej obsługi wyróżnia się:

- obsługę ładunków w eksporcie, imporcie i tranzycie, załadowanie i rozładowanie kontenerów oraz ustalenie wagi załadowanych kontenerów,
- zapewnienie odpowiedniego sprzętu do obsługi towarów,
- zapewnienie magazynów dla towaru ogólnego, przesyłek specjalnych, towarów specjalnego przeznaczenia i ich przechowywanie,
- identyfikację towaru tranzytowego i zapewnienie jego przewozu do magazynu,
- powiadomienie odbiorcy lub spedytora o nadejściu towaru,
- obsługę dokumentów związanych z przewozem ładunków, rozdzielanie kopii listów przewozowych, przygotowanie dokumentów przewozowych (cargo manifest),
- procedury celne i procedury bezpieczeństwa lotnictwa cywilnego, uzgodnione między stronami lub wynikające z zaistniałych okoliczności.

Przesyłki lotnicze podlegają procedurom celnym. Często są to długotrwałe czynności związane z wypełnianiem szeregu druków i dokumentów. Aby przyspieszyć ten proces i uatrakcyjnić transport lotniczy w zakresie cargo, Unia Europejska wprowadziła program Authorised Economic Operator (AEO). Regulacje, które weszły w życie 1 stycznia 2008, mają na celu podwyższenie bezpieczeństwa międzynarodowego łańcucha dostaw i zmodernizowanie procedur celnych UE. Standard AEO to synonim zaufania, bezpieczeństwa, ochrony i przejrzystych procedur celnych w handlu międzynarodowym.

Przyznanie tego standardu zapewnia klientom szereg korzyści:

- 1) przesyłki priorytetowo traktowane przez europejskie służby celne,
- 2) szybsze przekraczanie granic państw trzecich respektujących status AEO,
- 3) uzyskanie prawa do dokonywania scentralizowanej odprawy celnej.

Przewóz frachtu lotniczego może odbywać się w ramach usług: Door-to-Door, Door to Airport lub Airport-to-Airport.

3. OBSŁUGA FRACHTU

Obsługa frachtu lotniczego odbywa się w Terminalu Cargo. Podstawową funkcją Terminalu Cargo jest spedycja i składowanie towarów przewożonych drogą lotniczą w obrocie międzynarodowym i krajowym. Terminal może być podzielony jest na dwie strefy:

1. "LAND SIDE" – gdzie występuje dostawa i odbiór towarów poprzez plac manewrowy i rampę rozładowczą (część ogólnodostępna);
2. "AIR SIDE" - transport z płyty lotniska (teren wewnętrzny).

W Terminalu Cargo realizowane są określone przydzielone zadania. Przy definiowaniu wykonywanych zadań dla poszczególnych etapów procesu, bardzo ważnym elementem jest zidentyfikowanie asortymentu towarów i ich wielkości.

Prawidłowy rozkład nie tylko pasażerów ale również bagażu oraz cargo jak i jego wyważenie jest jedną z kluczowych operacji w przygotowaniu samolotu do startu oraz jednym z podstawowych czynników warunkujących prawidłową eksploatację oraz bezpieczne i ekonomiczne wykonywanie lotu. Odpowiednie rozmieszczenie ładunku w samolocie wymaga znajomości procedur dotyczących ciężkości i wielkości ładunku. Pracownicy muszą odbyć szkolenia z zakresu załadunku statków powietrznych, zezwalające im na prowadzenie czynności załadunkowych.

4. ZAGADNIENIE ZAŁADUNKU

Procedury załadunkowe, stanowią niezbędną część każdego procesu transportowego, czy to na wielką czy mniejszą skalę, występują zarówno w przemyśle, gospodarce jak i w życiu codziennym. Zagadnienia załadunkowe, zwane zagadnieniami plecakowymi (ang. KP - knapsack problems), zajmują się właśnie tymi procedurami, pozwalają optymalnie obliczyć ilości towaru, przedmiotów, minimalizując koszty transportu lub maksymalizując zyski z przewożonego towaru. Jednym z najczęściej poruszanych problemów optymalizacyjnych jest dyskretny problem plecakowy. Przy podanym zbiorze elementów o podanej wadze i wartości, należy wybrać taki podzbiór by suma wartości była możliwie jak największa, a sumy wag oraz objętości były nie większe od danej pojemności środka transportu, który mamy za zadanie załadować (rysunek 1). Zagadnienia optymalizacyjne mogą być rozwiązywane za pomocą wielu technik algorytmicznych jednak z różną efektywnością.



Rysunek 1. Idea zagadnienia załadunku

Niemniej jest to doskonałe „modelowe” zadanie, które w przybliżony sposób prezentuje sposoby działania kilku grup algorytmów, takich jak algorytm siłowy, zachłanny, dynamiczny oraz algorytm z powrotami.

Problem plecakowy można sformułować w następujący sposób: Do dyspozycji mamy „plecak” o pojemności W oraz zbiór N elementów $\{x_1, x_2, \dots, x_N\}$. Każdy element i ma określoną wartość R_i oraz rozmiar w_i .

W – dopuszczalna waga samolotu

N – liczba różnych przedmiotów

w_i – waga i -tego przedmiotu

R_i – wartość i -tego przedmiotu (użyteczność)

x_i – liczba przedmiotów i -tego rodzaju załadowanych do samolotu

Funkcja celu, podlega maksymalizacji:

(1)

Równanie rekurencyjne:

(2)

Ograniczenie pojemności:

(3)

Istnieją odmiany problemu plecakowego, w których elementy w plecaku mogą się powtarzać. Ze względu na powtarzalność przedmiotów problemy plecakowe dzielimy na:

binarne (0-1),

nieograniczone,

ograniczone.

Modyfikacja problemu plecakowego, w założeniach której możemy wielokrotnie umieszczać ten sam przedmiot w plecaku, nosi nazwę nieograniczonego problemu plecakowego (ang. *Unbounded knapsack problem*). W tym przypadku założenia matematyczne do problemu wyglądają nieco inaczej:

(4)

Jeżeli przedmioty w plecaku mogą się powtarzać, ale mamy ograniczoną liczbę każdego z przedmiotów, to mówimy o ograniczonym problemie plecakowym (ang. *Bounded knapsack problem*):

(5)

gdzie jest maksymalną liczbą i -tego przedmiotu, jaka może znaleźć się w plecaku.

Biorąc pod uwagę specyfikację jednostek ładunkowych samolotów towarowych dla rozpatrywanego problemu nie występuje podział ze względu na możliwość dzielenia przedmiotów.

Podział ze względu na liczbę ograniczeń

Omówione wcześniej odmiany uwzględniały tylko jedno ograniczenie – wagę przedmiotów.

W tym przypadku problem nazywamy jednowymiarowym. Każdy przedmiot oprócz wagi może charakteryzować się również objętością, a plecak może mieć ograniczoną dopuszczalną wagę i objętość. W tej sytuacji mówimy o problemie wielokrotnie ograniczonym lub

wielowymiarowym (ang. *Multi-dimensional Knapsack Problem*). Oczywiście oprócz wagi i objętości możemy ustalić inne ograniczenia. Liczba ograniczeń w problemie wielowymiarowym może być dowolna. Niech liczba ograniczeń jest równa m , wtedy musi zostać spełniony warunek:

$$\text{dla każdego } j \text{ takiego, że } j \in \{1, \dots, m\} \quad (6)$$

Techniki rozwiązywania problemów plecakowych

W zależności od rodzaju problemu, możemy używać różnych sposobów jego rozwiązania. Większość stosowanych technik okazuje się skuteczna tylko do wybranego rodzaju problemu plecakowego. Na przykład do rozwiązywania problemu ciągłego stosuje się algorytm zachłanny, który nie sprawdza się w przypadku problemu dyskretnego.

Do rozwiązywania problemu plecakowego dyskretnego można wykorzystać programowanie dynamiczne. Polega ono na dzieleniu dużych problemów na mniejsze podproblemy. Kluczem do zaprojektowania algorytmu techniką programowania dynamicznego jest znalezienie równania rekurencyjnego opisującego optymalną wartość funkcji celu dla danego problemu, jako funkcji optymalnych wartości funkcji celu dla podproblemów o mniejszych rozmiarach. Programowanie dynamiczne można również zastosować do rozwiązywania problemu plecakowego nieograniczonego, czyli takiej modyfikacji problemu plecakowego, gdy w plecaku można umieścić ten sam przedmiot więcej niż raz.

Do rozwiązania problemów ciągłych można wykorzystać algorytm zachłanny (ang. *843rendy algorithm*). Jest to taki algorytm, który wybiera przedmioty o największym współczynniku wartość/koszt. Algorytm zachłanny zwróci rozwiązanie przy założeniach problemu ciągłego.

W przypadku problemu binarnego algorytm zachłanny zwrócił rozwiązanie nieoptymalne.

Algorytm siłowy – jest to metoda opierająca się na siłowym przeglądzie wszystkich możliwych rozwiązań. Algorytm sprawdza wszystkie istniejące podzbiory zbioru N przedmiotów, odrzuca spośród nich te, które przekraczają sumaryczne ograniczenie wagowe. Ostatecznie algorytm porównuje ze sobą wszystkie pozostałe podzbiory i wybiera ten o największej całkowitej wartości. Jest to najmniej optymalna metoda, przez złożoność obliczeniową przy dużych wartościach N .

Wraz z rozwijającą się strukturą transportu lotniczego ładunków, rozwija się także zastosowanie nowoczesnej techniki w tym przemyśle. W związku z dużą liczbą operacji wymagających wielu obliczeń, wciąż stara się o uproszczenie i przyspieszenie wykonywania tych obliczeń. Do tego właśnie służą specjalistyczne oprogramowania, znajdujące zastosowanie w niemalże każdym elemencie składowym transportu.

To oprogramowanie ma na celu uproszczenie procedury załadunku jednostkowych urządzeń na pokład samolotów transportowych i nie tylko. Program o nazwie „CargoWiz” służy do uproszczenia procedury załadunku każdego typu towaru do wybranego kontenera bądź przestrzeni ładunkowej, niezależnie czy jest to wagon, naczepa ciężarowa czy też samolot (rysunek 2).

Description	Centimeters					
	Length (cm)	Length To Use (cm)	Width (cm)	Width To Use (cm)	Height (cm)	Height To Use (cm)
40' x 8' 6" w. Std. Enclosed Dry Van	1204	1194	249	244	274	269
48' x 9' 6" w. ABF	1448	1438	251	246	274	269
55' x 9' 6" w. Our Company Truck #1	1661	1651	249	244	274	269
50' x 9' 6" w. Our Company Truck #2	1509	1499	249	244	274	269
40' x 8' 10" w. Enclosed Dry Van	1204	1194	254	249	274	269
40' High Cube Dry Container	1204	1204	234	234	269	269
45' High Cube Dry Container	1359	1359	236	236	269	269
48' High Cube Dry Container	1448	1448	249	249	269	269
20' Dry Container	589	589	234	234	239	239
► HGS11 Cargo ładownia głównego pokładu	4400	4400	653	313	259	230
MD-11 ładownia dolna przed	2550	2500	416	410	177	170
MD-11 ładownia dolna tył	2200	2170	410	406	167	163
*						

To "Use" values are the dimensions used by the program, giving the user the chance to allow for tilted cargo, maneuvering, Etc

License Information
 license information not displayed in trial version
 Licensed To: (trial version) 20 days left
 Number Of: (trial version)
 Licensed Users:
 Site: (trial version)

This program determines an efficient spatial fit without consideration of safety or legal issues. The user must determine, and take responsibility for, the suitability of the layout.

Add Container Row Delete Container Row

Rysunek 2. Przykładowe oprogramowanie zagadnienia załadunku

Do wyboru jest wiele rodzajów kontenerów, naczep i luków ładunkowych, z których możliwe jest dobranie modelu którym dysponuje aktualnie osoba prowadząca załadunek. Jeśli brak jest danego modelu istnieje możliwość edycji istniejących typów bądź dodanie nowego modelu. Oprogramowanie CargoWiz jest narzędziem prostym i szybkim w obsłudze, ułatwiającym zadanie załadunku elementów do wybranego środka transportu. Narzędzie można użyć tak samo w przypadkach prostych, gdy chodzi wyłącznie o załadunek pewnej liczby przedmiotów, aby optymalnie zarządzać przestrzenią ładunkową, ale również gdy występują ograniczenia i priorytety w kolejności podczas załadunku. Na podstawie takiego oprogramowania po wprowadzeniu podstawowych danych dotyczących ładunku i przestrzeni ładunkowej oraz określeniu parametrów, od których uzależnia się przewóz, można obliczyć optymalny sposób załadunku według obranych ograniczeń.

LITERATURA

1. Aircraft performance and specifications, „World Aircraft Sales” 2010, nr 2.
2. Barake M., P. Chardaire, G. P. McKeown, Application of PROBE to the Multiconstraint
3. Fidanova S., Ant Colony Optimization for Multiple Knapsack Problem and Heuristic Model. Kluwer Academic Publishers, 2004.
4. Vasquez M., Jin-Kao Hao, A Hybrid Approach for the 0–1 Multidimensional

ANALYSIS OF QUESTION OF LOADING AIR FREIGHT

Abstract

The transportation of air freight is very important influencing on global market. The paper present problem transportation of air fright. Many airfreight are transported in passenger airplanes. Every companies try to increase their productivity while reducing costs. This is related to increasing market competition, customer requirements and desire to maximize profits. Helpful here appear to be different Problem analysis was developed using the algorithm of operations research, which is the method of loading issues also called knapsack problem which deals with the optimization.

Keywords: cargo, airfreight, loading problem