

Beata Bednarska¹
Politechnika Warszawska

Wspomaganie komputerowe projektowania elementów systemu logistycznego

Zakończyła się III edycja konkursu Logistyczna Praca Roku, organizowanego przez firmę Schenker pod patronatem „Logistyki”. Regulamin konkursu umożliwił mi zaprezentowanie fragmentów Logistycznej Pracy Roku 2005, pt.: „Wspomaganie komputerowe projektowania elementów systemu logistycznego”. Praca ta, napisana pod kierownictwem prof. dr.hab. Tomasza Ambroziaka, składa się z tradycyjnego projektu elementów systemu logistycznego (centrali, biura oraz magazynu) i technologii informatycznej – napisanego programu EXA, który może być narzędziem usprawniającym pracę logistykom przy wymiarowaniu systemów logistycznych już istniejących, jak i dopiero projektowanych. Wspomniany wyżej system logistyczny dotyczy firmy, która zajmuje się dystrybucją i transportem ładunków. Firma zaopatrywana jest przez dowolną liczbę dostawców DS, a do jej obszarów funkcjonalnych należy:

- centrala CT
- baza magazynowa (biuro BR + magazyn MR)/ bazy magazynowe: $BR_1 + MR_1, \dots, BR_n + MR_n$
- punkt sprzedaży detalicznej SD/ sieć sprzedaży detalicznej w regionach: SD_{11}, \dots, SD_{hg}

W czasach szerokiego stosowania technik komputerowych coraz powszechniejsze jest wykorzystanie informatycznego wspomaganie w dziedzinie wiedzy, jaką jest logistyka. Niemniej „informatyka w logistyce” nadal jest tematem interesującym, dlatego też w artykule chciałabym skupić się na napisanym programie i praktycznych aspektach jego zastosowania. Poszukiwanie najlepszych, z punktu widzenia przedsiębiorstw, rozwiązań wiąże się z wykonaniem całej masy kalkulacji połączonych ze skomplikowanymi rachunkami. Program EXA ma za zadanie ułatwić tę pracę, wykonując bezbłędnie żmudne obliczenia, których celem jest poszukiwanie usprawnień w łańcuchu dostaw, pozwalających obniżyć koszty przy zachowaniu jakości usług. Jest to istotne zwłaszcza w obliczu niezaplanych zmian w systemach logistycznych, na które należy szybko reagować, ustalając najlepszą strategię działania. Zmiana liczby dostawców, bądź odbiorców czy struktury dostaw i wysyłek nie powinny wpływać na jakość usług, pomimo iż zapewne odbije się to na wielkości powierzchni magazynowych, ilości doków przeładunkowych, liczbie środków transportu wewnętrznego i zewnętrznego oraz pracowników.

Program EXA umożliwia dokonanie symulacji, dzięki której łatwiejszy staje się wybór kierunku rozwoju i modernizacji firmy. Uzyskane za pomocą programu wyniki powinny

The screenshot shows the EXA software interface for a logistics optimization task. The window title is "Eks 1.1. Projektowanie systemu logistyki w skali makro". The interface includes input fields for "Liczba dostawców (DS): 1", "Liczba magazynów (MR): 3", and "Liczba regionów (R): 3". Below these are tables for "Liczba punktów sprzedaży detalicznej w regionie" and "Liczba punktów sprzedaży detalicznej w 6-tych regionach (SD)". The main part of the screen displays a grid for "Wyczytać tabelę 1.2" and "Wyczytać tabelę 1.3", which are matrices of flow costs between various nodes (DS, MR, SD). A summary table at the bottom shows the total costs for each node and region.

DS1-Gdańsk	MR1-Toruń	MR2-Warszawa	MR3-Kielce	SD11-Poznań	
151	266	411	247		

Rys 1. Zadanie logistyczne w wersji ilościowej (zakładka „Krok2-Zadanie logistyczne”).*

*Zadanie logistyczne w skali makro wyznaczone zostało dla zadeklarowanych w „Krok1-Wprowadzanie danych” danych wejściowych np. struktury systemu logistycznego- przyjęto: 1 dostawca (DS1), 3 bazy magazynowe (MR1, MR2, MR3), jeden punkt sprzedaży detalicznej w pierwszym regionie (SD11), dwa w drugim (SD12, SD22) i trzy w trzecim (SD13, SD23, SD33).

¹ Za swoją pracę pt. „Wspomaganie komputerowe projektowania elementów systemu logistycznego” Autorka zdobyła pierwszą nagrodę III edycji ogólnopolskiego konkursu Logistyczna Praca Roku, organizowanego przez firmę Schenker, któremu od początku patronuje „Logistyka”. Artykuł omawia w syntetyczny sposób zagadnienia przedstawione w nagrodzonej pracy (przyp. red.).

Stad	Okład	Koszt transportu (PLN)	Liczba przesyłków (I przesyłki)	Liczba irakia transportowych (I posadz)	Prędkość jazdy ładunkowej (km/h)	Prędkość jazdy przelazowej (km/h)	Liczba cyklów przewozowych (I kursow)	Czas jedzania (h)	Prędkość (km/h)	Liczba jednostek ładunkowych (I paletow)
DS1	MR1	71836	6	3	30	40	2	10,746	32	172
DS1	MR2	103099	9	9	30	50	1	18,387	24	213
DS1	MR3	472984	17	17	41	50	1	23,95	24	388
DS1	SD11	23023	3	2	40	50	2	10,732	16	44
DS1	SD12	9154	1	1	40	50	1	13,413	16	12
DS1	SD22	63563	3	3	30	50	1	18,27	24	56
DS1	SD13	156012	5	5	31	45	1	22,807	32	148
DS1	SD23	48377	3	3	40	50	1	21,604	16	48
DS1	SD33	65808	4	4	40	50	1	21,416	16	40
MR1	SD11	144314	13	13	30	40	1	13,871	32	416
MR2	SD12	45249	6	2	33	50	3	8,363	24	137
MR2	SD22	182836	16	16	30	50	1	14,973	24	380
MR3	SD13	137930	15	15	30	40	1	13,045	32	459
MR3	SD23	76229	9	5	30	40	2	9,981	32	266
MR3	SD33	77158	9	5	30	50	2	10,281	24	213

Rys 2. Środki transportowe wykorzystywane w transporcie zewnętrznym (zakładka „Krok2- Zadanie logistyczne”)*.

* Tabela wyznaczona została dla zadeklarowanych w „Krok1-Wprowadzanie danych” danych wejściowych np. struktury systemu logistycznego- przyjęto: 1 dostawca (DS1), 3 bazy magazynowe (MR1, MR2, MR3), jeden punkt sprzedaży detalicznej w pierwszym regionie (SD11), dwa w drugim (SD12, SD22) i trzy w trzecim (SD13, SD23, SD33).

zapewnić taką liczbę środków technicznych, organizacyjnych i zasobów ludzkich, która gwarantuje efektywną realizację podstawowych funkcji firmy (produkcji, transportu, dystrybucji lub handlu) pomiędzy dostawcą/dostawcami, a magazynem/magazynami, magazynem/magazynami a punktem/punktami sprzedaży detalicznej, czy bezpośrednio pomiędzy dostawcą/dostawcami, a punktem/punktami sprzedaży detalicznej, przy jak najmniejszych kosztach. Punkty nadania i odbioru ładunków tworzą relacje transportowe. Relacje te można podzielić na 3 rodzaje:

- relacja $DS_k \rightarrow MR_g$, pomiędzy k-tym dostawcą DS_k , a g-tym magazynem MR_g
- relacja $MR_g \rightarrow SD_{hg}$, pomiędzy g-tym magazynem MR_g , a h-tym punktem sprzedaży detalicznej w g-tym regionie SD_{hg}
- relacja $DS_k \rightarrow SD_{hg}$, pomiędzy k-tym dostawcą DS_k , a h-tym punktem sprzedaży detalicznej w g-tym regionie SD_{hg} .

Program dla wszystkich relacji wyznacza, na podstawie wprowadzonych danych wejściowych, liczbę jednostek ładunkowych paletowych jednorodnych i skompletowanych – powstałych w trakcie procesu kompletacji/komisjonowania, liczbę środków transportu zewnętrznego i koszt tego transportu. Na tej podstawie wyznaczyć można także ważny z punktu widzenia firmy koszt przewozu jednostki ładunkowej paletowej przez wymiarowany system logistyczny.

Program umożliwia dynamiczne wprowadzanie danych technologicznych, organizacyjnych i kosztowych, co pozwala na zmianę wszystkich opisujących system logistyczny danych oraz weryfikację racjonalnych rozwiązań projektowych. Program podzielono zakładkami na cztery kroki projektowe oraz zakładkę „Mapa Polski”. Chcąc otrzymać ostateczne wyniki należy przechodzić przez kolejne kroki.

Pierwszy z nich nazwany został: „Krok 1 – Wprowadzanie danych”. Należy w nim zadeklarować:

- strukturę systemu logistycznego (liczbę baz magazynowych – $MR+BR$, liczbę punktów sprzedaży detalicznej – SD , liczbę dostawców – DS)
- lokalizację obszarów funkcjonalnych i dostawcy/dostawców

- odległości pomiędzy obszarami funkcjonalnymi i dostawcą/dostawcami
- roczne przepływy jednostek ładunkowych paletowych jednorodnych
- współczynnik spięrzeń na wyjściu i wejściu do magazynu/magazynów
- stopień komisjonowania
- stopień wypełnienia jednostki ładunkowej paletowej skompletowanej
- liczbę dni roboczych w obszarach funkcjonalnych
- wielkość jednostki ładunkowej paletowej zwrotnej
- liczbę zmian pracy w obszarach funkcjonalnych
- współczynnik gotowości technicznej
- liczbę godzin pracy
- wskaźnik kosztów zakładowych
- współczynnik wykorzystania czasu pracy
- współczynnik zmiany obszaru pracy
- środki transportowe opisujące poszczególne obszary funkcjonalne
- dane techniczne, kosztowe i organizacyjne każdego używanego środka transportu.

„Krok 2 – Zadanie logistyczne” nie wymaga wprowadzania jakichkolwiek danych. Główną część tego kroku stanowi zadanie logistyczne w skali makro – przedstawione w postaci tabeli. W każdej komórce tabeli pierwsza linijka oznacza roczny przepływ jednostek ładunkowych paletowych jednorodnych, druga – dobowy przepływ jednostek

Przeładunek	Liczba przeładunków	Czas przeładunku (h)	Pracochłonność (robotogodzin/dobę)	Kategoria pracy ludzkiej	Stawka godzinowa (PLN)
11/P21	9	0,2419	2,1771	1	12
11/P22	9	0,2608	2,3472	2	10
11/P23	9	0,368	3,312	2	10
11/P24	9	0,027	0,243	2	10
11/P25	91	0,042	2,142	3	8
11/P26	91	0,0092	25,9692	3	8
11/P27	91	0,2088	10,6335	2	10
11/P28	9	0,2946	2,6514	2	10
11/P29	9	0,928	8,352	2	10

Rys.3. Kształtowanie systemu (zakładka „Krok3- Kształtowanie”)– wyznaczenie wartości pracochłonności i-tej kategorii pracy w obszarach: centrali, biurowych, magazynowych i punktach sprzedaży detalicznej.

Koszt transportu pomiędzy dostawcą/dostawcami a magazynem/magazynami	707909	zł/dobę
Koszt transportu pomiędzy dostawcą/dostawcami a punktem sprzedaży detalicznej/punktami sprzedaży detalicznej	340937	zł/dobę
Koszt transportu pomiędzy magazynem/magazynami a punktem sprzedaży detalicznej/punktami sprzedaży detalicznej	663695	zł/dobę
Koszt transportu zawartego w systemie logistycznym	1732541	zł/dobę

Rys. 4. Zestawienie kosztów transportu zewnętrznego (zakładka „Krok4-Wymiarowanie”).

ładunkowych paletowych jednorodnych i/lub skompletowanych w dobie szczytowej, trzecia – dobowy przepływ jednostek ładunkowych paletowych jednorodnych i/lub skompletowanych w dobie średniej, czwarta – ilość przejazdów środków transportowych w dobie szczytowej. W „Kroku 2 – Zadanie logistyczne” przedstawione są jeszcze dwie tabele: tabela szczegółowo charakteryzująca środki transportowe wykorzystywane w transporcie zewnętrznym oraz tabela, w której obliczono, ile ze środków transportowych wykorzystywanych do transportu pomiędzy obszarami funkcjonalnymi będzie wykorzystywane do przewozu jednostek ładunkowych paletowych zwrotnych.

W „Kroku 3 – Kształtowanie” należy wprowadzić: liczbę przekształceń (wyznacza się ją na podstawie informacji wchodzących, tworzonych, przekształcanych i wychodzących w danym obszarze), elementarne czynności wchodzące w skład poszczególnych przekształceń, czas ich trwania zgodny z normami. W zakładce tej należy również przypisać kategorie pracy poszczególnym przekształceniom i ustalić koszt robocizny pracowników poszczególnych kategorii pracy. Po ustaleniu wszystkich wartości w dynamicznie utworzonych w „Kroku 3 – Kształtowanie” tabelach, można sprawdzić wyniki pracy przechodząc do zakładki „Krok 4 – Wymiarowanie”. Widać na niej wyznaczone dobowe koszty transportu zewnętrznego pomiędzy dostawcą/dostawcami, a magazynem/magazynami; pomiędzy dostawcą/dostawcami, a punktem/punktami sprzedaży detalicznej; pomiędzy magazynem/magazynami, a punktem/punktami sprzedaży detalicznej oraz łączny koszt transportu zewnętrznego pomiędzy wszystkimi obszarami funkcjonalnymi w ciągu doby. Dla każdego obszaru funkcjonalnego wyznaczone są roczne koszty operacyjne pracy ludzkiej oraz liczba pracowników poszczególnych kategorii pracy wraz z rezerwą.

Opisane wyżej własności działania programu EXA, umożliwiają kontrolę zarządzania i organizacji pracy ludzkiej w systemie. W oparciu o koszty i obciążenie pracą poszczególnych stanowisk, EXA pomaga wyznaczyć racjonalną liczbę kategorii pracy ludzkiej i zatrudnionych pracowników w poszczególnych obszarach funkcjonalnych systemu logistycznego. Zachowując stałą wielkość przepływów w ciągu roku, możliwe staje się dowolne powiązanie poszczególnych kategorii pracy (które generują koszt pracy na danym stanowisku) z przekształceniami (elementarnymi czynnościami wykonywanymi przez pracowników). W przypadku uzyskania zbyt dużych kosztów pracy, które są nieodzownie związane ze zbyt dużą liczbą zatrudnionych pracowników i zbyt dużą rezerwą, (która świadczy o ich obciążeniu pracą), można np. zmniejszyć godzinowe stawki pracowników, wprowadzić praktykantów i stażystów, zlikwidować mało obciążoną kategorię pracy lub zmienić jej zakres obowiązków. Można też po-

kusić się o dokonanie bardziej radykalnych zmian w systemie, np. wydłużając/skracając czas pracy lub zwiększając/zmniejszając ilości zmian pracy.

Program EXA pozwala również na wyznaczenie racjonalnych środków transportu zewnętrznego. Dla wprowadzonych natężeń przepływu jednostek ładunkowych paletowych w ciągu roku, współczynników spiętrzeń na wejściu i wyjściu z magazynu/magazynów, stopnia komisjonowania i stopnia wypełnienia palety oraz zadeklarowanych środków transportu zewnętrznego, wyliczane jest natężenie przepływu pomiędzy poszczególnymi obszarami funkcjonalnymi w dobie szczytowej (przy maksymalnym obciążeniu łańcucha dostaw) i dobie średniej. Na tej podstawie wyznaczana jest liczba środków transportowych, liczba przejazdów i koszt transportu zewnętrznego. Program pozwala na sprawdzenie, jak system logistyczny poradzi sobie w przypadku spiętrzeń i z jakim obciążeniem pracą będzie sprawnie działał. Uzyskując niezadowolające efekty można dowolnie zmieniać rodzaje środków transportowych pomiędzy poszczególnymi obszarami funkcjonalnymi lub, w przypadkach stwierdzenia definitywnego braku opłacalności (po analizie kosztów transportu zewnętrznego pomiędzy poszczególnymi obszarami funkcjonalnymi), podjąć decyzję o przekazaniu gestii transportowej i rezygnacji z obsługi transportowej konkretnych obszarów funkcjonalnych, np. pomiędzy dostawcą/dostawcami, a magazynem/magazynami lub pomiędzy dostawcą/dostawcami, a punktem/punktami sprzedaży detalicznej lub pomiędzy magazynem/magazynami, a punktem/punktami sprzedaży detalicznej. Innym rozwiązaniem, po analizie kosztów transportu zewnętrznego, może być decyzja o zmianie lokalizacji obszaru/obszarów funkcjonalnych. EXA umożliwia bowiem ustalenie dogodnych, opłacalnych z punktu widzenia kosztów związanych z transportem, lokalizacji obszarów funkcjonalnych.

Podsumowując, program EXA pozwala na:

1. **formułowanie** zadania logistycznego, polegające na obliczaniu dobowego przepływu jednostek ładunkowych paletowych jednorodnych i/lub skompletowanych w dobie średniej i dobie szczytowej, ilości jednostek ładunkowych paletowych zwrotnych, ilości przejazdów, ilości pojazdów wykorzystywanych do obsługi zadeklarowanych obszarów funkcjonalnych,
2. **kształtowanie** systemu logistycznego poprzez przypisanie kategoriom pracy ludzkiej elementarnych czynności i godzinowych stawek,
3. **wymiarowanie** systemu logistycznego, sprowadzające się do obliczenia kosztów transportu zewnętrznego, rocznych kosztów operacyjnych pracy ludzkiej w zakresie przepływu strumieni informacji w obszarach funkcjonalnych, liczby pracowników poszczególnych kategorii pracy, łącznie z rezerwą wynikającą z obciążenia pracą danego stanowiska.

Na zakończenie dziękuję za przyznane wyróżnienie w konkursie Logistyczna Praca Roku, zorganizowanym przez firmę Schenker pod patronatem „Logistyki”. Chciałabym również podziękować pracownikom Wydziału Transportu Politechniki Warszawskiej.