

INTERAKTYWNE MODELE W NAUCZANIU LOGISTYKI – OPTYMALIZACJA ŁAŃCUCHA DOSTAW

Jerzy Korczak^{1*}

¹ Międzynarodowa Wyższa Szkoła Logistyki i Transportu we Wrocławiu, Polska


Streszczenie: W artykule przedstawiono możliwości i korzyści wprowadzenia do programów e-learningowych modeli interaktywnych w zarządzaniu i organizacji łańcucha dostaw. Przedstawione modele interaktywne powstały w projekcie e-learningowego programu Master of International Logistics w Międzynarodowej Wyższej Szkole Logistyki i Transportu we Wrocławiu. Uzupełniają one podstawowe wykłady i ćwiczenia programu e-learningowego, przy czym mogą być też wykorzystane w nauczaniu tradycyjnym. Rozważania nad procesem projektowania modeli poparto dwoma przykładami. Pierwszy dotyczy optymalizacji transportu z wykorzystaniem MS Excel. W drugim przykładzie poszerzono znacznie zbiór ograniczeń i zakres danych. Wymagało to wykorzystania komercyjnej platformy Log-hub, która stworzyła okazję do zilustrowania interaktywności i umożliwiła optymalizację złożonego problemu logistycznego. W podsumowaniu zebrano doświadczenia i efekty powstałych w trakcie realizacji projektu modeli interaktywnych w logistyce.

Słowa kluczowe: e-learning, logistyka, modele interaktywne

Kod klasyfikacji JEL: A23, M15, R41

Wprowadzenie

Interaktywność e-learningu nie jest problemem nowym. Pierwsze prace sięgają lat 70. ubiegłego stulecia, kiedy rozpoczęto na Uniwersytecie Illinois w Urbana-Champaign projekt pierwszego systemu nauczania wspomaganego komputerem PLATO. W czasach pandemii ranga e-learningu stała się o wiele wyższa, niż była kiedykolwiek wcześniej. Sprzyjały temu dodatkowo rozwój technologii edukacyjnych

¹ Jerzy Korczak, prof. dr hab., ul. Sołtysowicka 19 B, 51-168 Wrocław, Polska,
jerzy.j.korczak@gmail.com,  <https://orcid.org/0000-0001-6441-6126>

* Autor korespondencyjny: Jerzy Korczak, jerzy.j.korczak@gmail.com

oraz powszechne użycie multimediiów, sztucznej inteligencji i nowych możliwości prowadzenia dialogu w języku naturalnym. Szczególnie interesujące było i jest zastosowanie sztucznej inteligencji wspierającej nie tylko proces uczenia, ale też rozpoznanie poziomu wiedzy studenta, umożliwiające personalizację treści kursów czy instrukcji. Nie bez znaczenia dla rozwoju e-learningu były również doświadczenia w obszarze interakcji człowiek–komputer (HCI) (Caballe et al., 2021; Plas, 2012; Slavuj et al., 2013). Powszechnie wiadomo, że filmy, interaktywne animacje, quizy uatrakcyjnają kursy e-learningowe i utrzymują zaangażowanie uczniów.

Jednym z głównych zadań, które często pojawia się w związku z procesem uczenia się i nauczania, jest opracowanie projektu budowania i stymulacji zaangażowania uczniów. Interaktywność jest tu istotną cechą, ponieważ stwarza możliwości wyboru i kontroli procesu nauczania. Generalnie każde wsparcie uczenia się reagujące na działania uczniów można uznać za interaktywne (Bajracharya, 2018; Shute et al., 2019). Interaktywność przejawiająca się we wzajemnej aktywności pomiędzy uczącym się a multimedialnym systemem nauczania ma ogromny wpływ na skuteczność i efektywność współczesnych systemów e-learningowych (Kinshuk, 2016; Kumar et al., 2021).

Głównym celem artykułu jest przedstawienie możliwości i korzyści wprowadzenia do programów e-learningowych modeli interaktywnych. Pod pojęciem modelu interaktywnego rozumiemy materiał e-learningowy, który uczy interaktywnie poprzez współdziałanie w ramach specjalistycznego oprogramowania zintegrowanego z LMS. Reakcja studenta może polegać na postawieniu pytania, odpowiedzi tekstowej lub wokalnej, prostym kliknięciu czy interfejsie „przeciągania i puszczenia” (drag-and-drop click). W artykule zaproponujemy zestaw modeli w obszarze zarządzania łańcuchem dostaw, które zostały zrealizowane w ramach projektu Master of International Logistics². Zaprojektowane modele uzupełniają podstawowe wykłady i ćwiczenia programu e-learningowego, przy czym mogą być one też wykorzystywane w nauczaniu tradycyjnym.

Zauważmy, że tradycyjnie pakiety LMS w swoich podstawowych wersjach ograniczają się do technicznych gadżetów i skupiają się raczej na organizacyjnych aspektach nauczania zamiast na autentycznym wspieraniu procesu uczenia się (Tavangarian et al., 2004). Nie ma wielu statystyk na ten temat, jednak z naszych obserwacji i wieloletniej działalności w dziedzinie edukacji wynika, że w większości kursów, zarówno komercyjnych, jak i publicznych, poziom interaktywności jest bardzo niski. Często ogranicza się on do quizów, które są – nota bene – najpopularniejszym narzędziem sprawdzającym wiedzę. Powszechną praktyką jest wyświetlanie informacji zwrotnej potwierdzającej sukces lub oznajmiającej porażkę, co ma motywować do dalszego uczenia. Jednak odpowiedzi te nie pozwalają zazwyczaj na dogłębną analizę opanowania wiedzy, nie są spersonalizowane i nie są adekwatne do wiedzy uczniów.

Współczesne badania nad procesem uczenia się wskazują na duże znaczenie w dostosowaniu materiałów e-learningowych do stylu uczenia się i preferencji

² Międzynarodowy projekt Master of International Logistics został zrealizowany w latach 2020-2022 pod kierunkiem MWSLiT we Wrocławiu. Projekt był finansowany przez Narodową Agencję Wymiany Akademickiej (NAWA) PPI/APM/2019/00087 (Korczak & Pawęska, 2022).

ucznia (Pulak, 2016). Problemom tym poświęcono wiele uwagi we wcześniejszych pracach badawczych (Felder, 1993; Grasz, 1996; Johnson, 1996). Uważa się, że ujednolicone odpowiedzi zwrotne nie są zbyt pomocne w analizie procesu uczenia, m.in. nie wnikają w naturę błędu i nie podejmują próby wyjaśnienia jego przyczyny. Dlatego aby uzyskać większe zaangażowanie uczniów i pożądane efekty uczenia się, w projektowaniu dialogu powinniśmy kłaść większy nacisk na personalizację informacji zwrotnej. Personalizacja informacji zwrotnej ma pomóc uczniowi zrozumieć prezentowany temat i ułatwić efektywne uczenie.

W artykule przyjęto konstruktywistyczne podejście do uczenia się (konstruowania wiedzy), polegające na tym, że uczniowie aktywnie tworzą swoją wiedzę (Elliott et al., 2000). Z konstruktywistycznego punktu widzenia uczenia się zdobywanie nowej wiedzy i umiejętności jest aktywnym procesem uczenia (Plass et al., 2012; Korczak & Pawełoszek, 2022).

Należy podkreślić, że dialog między nauczycielem a uczniem lub między uczniem a inteligentnym systemem e-learningowym jest niezbędny do efektywnego uczenia się oraz identyfikacji ewentualnych błędów i ich przyczyn. Wyzwaniem dla projektantów interakcji jest takie zaprojektowanie dialogu, który będzie naśladował zachowanie nauczyciela i, podobnie jak nauczyciel, dostosowywał się do wiedzy i indywidualnych potrzeb ucznia. Implementację tych wymagań ułatwiają zaawansowane narzędzia do tworzenia e-learningu, które umożliwiają inteligentną i synchroniczną interakcję między uczniem a systemem poprzez tzw. facylitatory. Ułatwiają one zrozumienie problemu, a polegają na bezpośrednim oddziaływaniu na reakcję ucznia, np. w rozpoznawaniu emocji, mowy lub w analizie i interpretacji pisanego tekstu. Reakcja inteligentnego LMS powinna być natychmiastowa. Przykładami takiego synchronicznego dialogu między LMS a uczniem są chatboty w języku naturalnym i moduły rozpoznawania mowy w aplikacjach takich jak Siri firmy Apple, Google Now, Cortana firmy Microsoft, Watson firmy IBM.

Artykuł został podzielony na pięć sekcji. W następnej sekcji zarysowano proces projektowania interakcji, według którego zrealizowano modele interaktywne w projekcie. W trzeciej przedstawiono kontekst, w którym powstał projekt e-learningowego programu Master of International Logistics. Pokazano też zestaw aktualnie dostępnych na platformie modeli interaktywnych. W czwartej sekcji omówiono dwa przykłady modeli interaktywnych w obszarze zarządzania łańcuchem dostaw. Pierwszy dotyczy optymalizacji transportu z wykorzystaniem MS Excel. W drugim przykładzie poszerzono znacznie zbiór ograniczeń i zakres danych. Wymagało to wykorzystania komercyjnej platformy Log-hub, która stworzyła okazję do zilustrowania interaktywności i umożliwiła optymalizację złożonego problemu logistycznego. Artykuł kończy podsumowanie doświadczeń i efektów powstałych w trakcie realizacji projektu modeli interaktywnych w logistyce.

Projektowanie interakcji

Proces projektowania dialogu w systemach e-learningowych jest złożony, podobnie jak projektowanie interfejsów systemów informatycznych. W artykule ograniczono się wyłącznie do omówienia projektowania interaktywnych modeli wykorzystywanych

w logistyce. W procesie można wyróżnić pięć podstawowych faz, mianowicie fazy: (1) analizy dziedzinowej, (2) analizy terminologicznej, (3) definiowania pytań, (4) przewidywania odpowiedzi, i (5) implementacji informacji zwrotnej (Korczak & Pawełszek, 2022). Cel i zakres działań w poszczególnych fazach jest następujący:

- 1) Analiza dziedzinowa polega na określeniu efektów uczenia się, jakie należy osiągnąć po ukończeniu kursu, modułu lub ćwiczenia, dla którego projektujemy interakcję. Efekty uczenia się można uporządkować w hierarchii od najbardziej ogólnych do szczegółowych. W ramach analizy należy zebrać materiały prezentujące dany problem w sposób adekwatny do poziomu uczniów.
- 2) Analiza terminologiczna polega na ustaleniu najważniejszych zagadnień dla efektów uczenia się i powiązaniu tych pojęć w relacjach sieci semantycznej, np. w postaci map myśli lub innej prostej reprezentacji ontologii. Ta reprezentacja jest następnie pomocna w projektowaniu logicznej kolejności tematów i sprawdzaniu poziomu opanowania wiedzy.
- 3) Zdefiniowanie pytań i uporządkowanie ich dla każdego z efektów uczenia się, od najbardziej ogólnego do szczegółowego.
- 4) Antycypacja odpowiedzi na każde z pytań. W przypadku testu należy wskazać na poprawne i niepoprawne odpowiedzi. Jest to najtrudniejsze zadanie w całej procedurze, ponieważ trzeba założyć i wykryć błędny tok myślenia studenta i wygenerować podobne błędne odpowiedzi; trudności może sprawiać rozpoznanie braków w wiedzy studenta. Ważną rolę odgrywa tu doświadczenie dydaktyczne, podpowiadające, które z popełnianych błędów są najczęstsze.
- 5) Wdrożenie informacji zwrotnej jest krytycznym elementem systematycznego podejścia. Informacja zwrotna powinna szczególnie zapadać w pamięci, przy czym nie powinna przekazywać bezpośrednio wiedzy, ale raczej prowadzić ucznia do znalezienia prawidłowej odpowiedzi. Tutaj dużą rolę odgrywa interaktywność bazująca na modelach symulujących procesy poznawcze. Studenci mają w tym zakresie różne preferencje i potrzeby, które zależą od indywidualnych predyspozycji w zdobywaniu wiedzy. W kursach zawodowych mogą się również pojawić różnice pokoleniowe. Powinny one pomóc w wyznaczeniu najlepszego sposobu prezentowania informacji danej grupie uczniów, na przykład za pomocą koloru, dźwięku, kształtu, głosu, filmu, ćwiczeń interaktywnych lub grywalizacji.

Studia przypadków i wyniki przyjętej metodologii zostaną zilustrowane w następnych sekcjach.

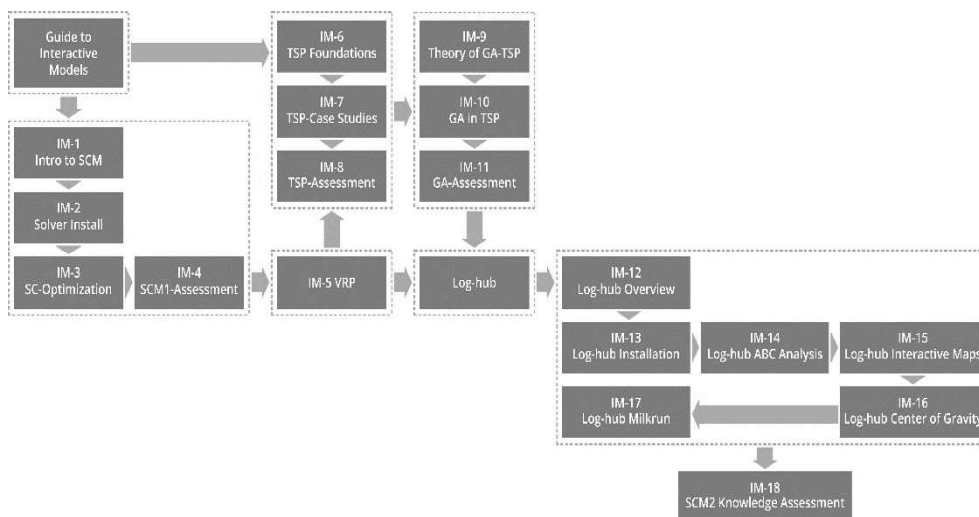
Kontekst projektu

Prezentowane w artykule modele interaktywne zostały wybrane z internetowego programu Master in International Logistics, który jest w ofercie dydaktycznej Międzynarodowej Wyższej Szkoły Logistyki i Transportu we Wrocławiu (Korczak & Paweńska, 2022). Program zawiera 22 kursy i zbiór interaktywnych modeli. Kursy prezentowane są online z wykorzystaniem różnych form edukacyjnych, tj. wykładów, laboratoriów komputerowych, gier symulacyjnych. Modele interaktywne mogą być swobodnie wykorzystywane na różnych kursach i laboratoriach komputerowych.

Proces komunikacji w systemach e-learningowych może odbywać się zarówno w sposób werbalny, jak i niewerbalny. W aktualnej wersji komunikacja studenta z aplikacjami odbywa się wyłącznie za pomocą klawiatury. Obecnie zestaw modeli zawiera kilkanaście aplikacji komputerowych, które mogą być wykorzystane do interaktywnego rozwiązywania istotnych problemów w logistyce, w szczególności w optymalizacji łańcucha dostaw. Na Rysunku 1 zilustrowano zalecaną sekwencję szkolenia.

Aby zapoznać się z każdym modelem, student może sięgnąć do samouczka online oraz opisu interfejsu platformy modelowania. Zakładamy, że student wcześniej opłanoł podstawy teoretyczne optymalizacji transportu, w tym zagadnienia programowania liniowego, metod poszukiwania rozwiązań w sieciach, podstaw sztucznej inteligencji.

Po poznaniu problemu do rozwiązania oraz przygotowaniu danych student może rozpocząć naukę poprzez eksperymenty, prowadzące do rozwiązania danego problemu. Po przeszkoleniu i rozwiązaniu zadania student może ocenić swoją wiedzę. W następnej sekcji zostaną szczegółowo omówione dwa przykłady interaktywnych modeli. W obydwu przypadkach zadanie polega na optymalizacji łańcucha dostaw.



Rysunek 1. Modele interaktywne – zalecana sekwencja szkoleń

Źródło: Opracowanie własne

Pierwszy, z wykorzystaniem programowania liniowego, dotyczy optymalizacji całkowitych kosztów dostaw z uwzględnieniem dostępnych zapasów i potrzeb klientów (Pessoa et al., 2020). Drugi przypadek jest bardziej złożonym problemem optymalizacji ze względu na dużą liczbę ograniczeń przestrzennych i czasowych. Dlatego wcześniej przyjęta metoda programowania liniowego nie byłaby tutaj adekwatna i musiała zostać zastąpiona przez algorytm heurystyczny.

Wybrane studia przypadków

Prosty problem optymalizacji transportu

Ogólny problem optymalizacji transportu polega na wyznaczeniu optymalnego zestawu pojazdów na optymalnych trasach dystrybucji towarów w sieci klientów. Problemy wyznaczania trasy pojazdów (Vehicle Routing Problems – VRP) są przedmiotem badań od wielu lat. Od czasu pierwszego modelu i algorytmu wskazanego przez Dantzig i Ramsera (1959) zaproponowano setki rozwiązań (Bettinelli et al., 2022; Drexler, 2012; Toth & Vigo, 2002; Fletcher, 2000).

W celu wprowadzenia do problematyki rozważmy proste zadanie optymalizacji całkowitego kosztu dostaw, przy zredukowanej wielkości sieci transportowej do trzech magazynów-hurtowni i pięciu klientów.

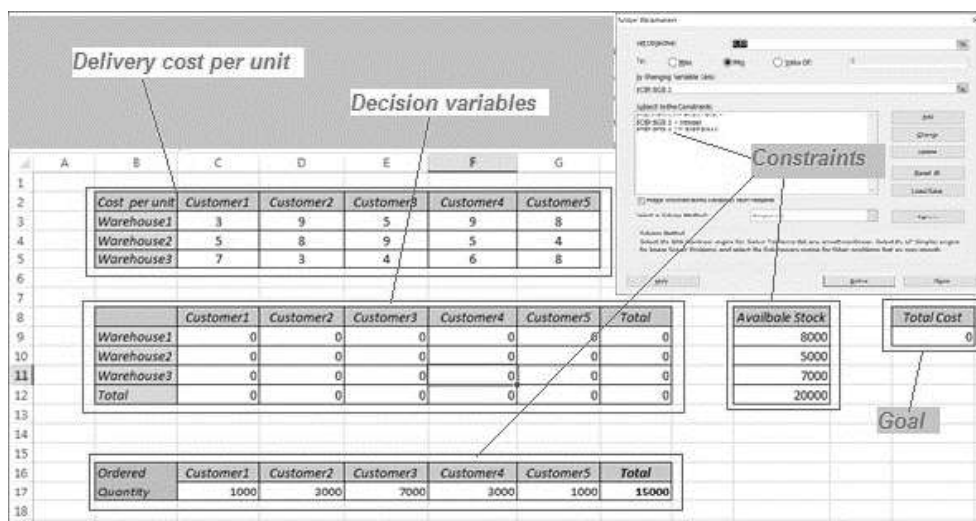
W tym modelu do określenia macierzy kosztów transportu oraz ograniczeń dostępnych zapasów i zamówień klientów student korzysta z MS Excel. W realizacji zadania student skorzysta z aplikacji Microsoft Solver, którą jest bezpłatny dodatkowy program arkusza kalkulacyjnego Excel. Zgodnie z dokumentacją MS Solver może być wykorzystany do rozwiązywania problemów do kilku tysięcy ograniczeń – z możliwością rozbudowy do milionów zmiennych i ograniczeń. Solver generuje wartości grupy komórek, zwane zmiennymi decyzyjnymi, które są używane do obliczenia wartości funkcji celu. Program oferuje dwa algorytmy optymalizacji: Simplex Linear Programming i Genetic Evolution (Toth & Vigo, 2002). Zaznaczyliśmy, że wiedza o tych algorytmach została wcześniej podana w wykładach na temat optymalizacji matematycznej, sztucznej inteligencji (kursy MIL z zakresu Operation Research), AI oraz Supply Chain Management (Yalaoui et al., 2012).

Na Rysunku 2 przedstawiono zapis trzech głównych zestawów danych początkowych, mianowicie:

- 1) jednostkowe koszty dostawy towaru (komórki C3:G5);
- 2) ograniczenia; w tym przypadku dostępne zapasy w magazynach (komórki I9:I11) i zapotrzebowania klientów (komórki C17:H17) oraz
- 3) cel – całkowity koszt dostawy, który jest przedmiotem minimalizacji (komórka L9).

Podczas rozwiązywania problemu student może spotkać się w dwoma typami interakcji. Pierwszy, formalny, związany z weryfikacją poprawności definicji ograniczeń, zwłaszcza adresacji komórek w Excelu. Przykłady definicji pokazano w prawym górnym rogu na Rysunku 2. W przypadku trudności student może skorzystać z pomocy dostępnej w arkuszu kalkulacyjnym. Drugi typ to interakcje merytoryczne wynikające z tematyki zadania. Przykładowo może interaktywnie dostosować jednostkowy koszt dostawy towaru bądź wprowadzić nowe wartości ograniczające dotyczące zapotrzebowania klientów lub dostępnego stanu zapasów w magazynach. Na przykład obserwując łączny dostępny stan magazynowy (komórka I12=20000), może zwiększyć – jeśli pojawi się taka potrzeba – zamawianą liczbę Klienta 1 do 2000 pozycji i ocenić otrzymaną wartość funkcji celu. Podobnie może dodać nowy

typ ograniczeń, na przykład zmienić wysokość przewidywanego budżetu reklamowego i zobaczyć jego wpływ na przewidywaną kwotę zysku. Na ogół w praktyce optymalizacji łańcucha dostaw musimy spełnić znacznie większą liczbę ograniczeń.



Rysunek 2. Opis tabel i zmiennych w MS Solver

Źródło: Opracowanie własne

Po eksperymentach student powinien znać możliwości zastosowania programowania liniowego i algorytmów genetycznych, które są dostępne w aplikacji. W celu rozwiązania problemów optymalizacji transportu powinien być w stanie wskazać ograniczenia tych metod. Po skończeniu zadania wiedza i umiejętności studentów są potwierdzone quizami i testami.

Złożony problem optymalizacji transportu

Postęp w badaniach nad algorytmiką optymalizacji otwiera nowe możliwości optymalizacji coraz bardziej złożonych rzeczywistych problemów transportowych (Yalaoui et al., 2012; Toth & Vigo, 2002). W praktyce złożoność problemów jest bardzo duża i zadania optymalizacji kwalifikują się jako NP-trudne (tzn. ich złożoność obliczeniowa rośnie wykładniczo wraz ze wzrostem rozmiaru problemu). Dlatego, często, optymalne rozwiązanie nie zawsze jest osiągalne i należy przyjąć akceptowalne rozwiązanie.

Do rozwiązania tego typu problemów skorzystaliśmy z komercyjnej platformy obliczeniowej Log-hub, w ramach której zaprojektowaliśmy i wdrożyliśmy szereg interaktywnych modeli logistycznych. Za wyborem platformy Log-hub przemawiało jej nowoczesne podejście „oparte na danych” (data-driven approach), efektywne algorytmy optymalizacji, zaawansowana wizualizacja i skalowalność aplikacji. Z punktu widzenia interfejsu użytkownika ważną dydaktycznie charakterystyką platformy Log-hub jest jednolity schemat rozwiązywania problemów: od danych wejściowych, przez obliczenia, przedstawienie wyników, do interaktywnej wizualizacji.

W rozwiązywaniu problemów optymalizacji łańcucha dostaw student może korzystać z najnowszych algorytmów optymalizacyjnych, uwzględniających ograniczenia ładowności pojazdów, preferencji dostaw, profili okien czasowych, niejednorodnej floty pojazdów, emisji CO₂ itp. Dostępne w Log-hub rozwiązania zbliżone są obliczeniowo do takich algorytmów, jak Online VRP³, Capacitated VRP⁴, Heterogeneous Fleet VRP, VRP z oknem czasowym (VRPTW), Green-VRP⁵. W przykładzie zdecydowano się skorzystać z algorytmu VRPTW, zwracając uwagę na interaktywność dialogu. Tak jak w poprzednim zadaniu, założono, że student zna z wcześniejszych wykładów podstawowe wymagania VRPTW:

- Daną trasę obsługuje tylko jeden pojazd; pojazdy mogą mieć różne ładowności, przy czym żaden pojazd nie może być przeciążony.
- Dostawa towarów do każdego klienta jest jednorazowa.
- Każdy klient ma inne zapotrzebowanie.
- Profile okna czasowego dostawy i dyspozycji pojazdu są predefiniowane jako przedziały czasowe, podając najwcześniejszy i najpóźniejszy czas dostawy.

W podanym przykładzie wykorzystano problem oraz dane z bazy przypadków studyjnych firmy Log-hub (<https://log-hub.com/free-port-dataset/>). Celem zadania jest zbudowanie modelu optymalizacyjnego kosztów transportu fabryki samochodów. Fabryka posiada własną bazę transportową, która obsługuje dostawę części od wielu kooperantów. W planowaniu i organizacji zaopatrzenia student ma uwzględnić kilka ograniczeń, takich jak profile okien czasowych dla dostaw i dyspozycji pojazdów, limity ładowności pojazdów, czasy załadunku towarów, koszty paliwa, dopuszczalne prędkości.

Przy tych założeniach głównym zadaniem studenta jest ustalenie minimalnej liczby pojazdów w bazie transportowej fabryki oraz opracowanie optymalnego planu zaopatrzenia i kosztów dostaw, przy zachowaniu podanych ograniczeń.

Pierwszą pracą studenta jest przygotowanie i zdefiniowanie danych koniecznych do rozwiązania problemu, mianowicie informacji o:

- sieci kooperantów i magazynów fabryki, z podaniem ich adresów, przy czym ich transformacja do współrzędnych szerokości i długości geograficznej jest dokonana automatycznie przez silnik Open Street Map;
- bazie pojazdów z informacjami o typach, liczbie pojazdów, prędkości, ładowności oraz ich miejscach parkowania;
- dostawach od kooperantów klientów, w tym identyfikacji zamówień, wadze towarów, liczbie palet, miejscu i czasie odbioru i dostawy.

³ Problemy dynamicznego zarządzania trasami przejazdu (Dynamic Vehicle Routing Problems – DVRP), zwane też wyznaczaniem tras pojazdów online, pojawiły się w wyniku rozwoju ICT, który umożliwił pozyskiwanie i przetwarzanie informacji w czasie rzeczywistym.

⁴ Problemy zarządzania trasami przejazdu z ograniczeniem ładowności (Capacitated Vehicle Routing Problem – CVRP) uwzględniają dopuszczalną ładowność pojazdów. Ładunki mają określoną objętość i wagę, a pojazdy mają zdefiniowaną maksymalną ładowność.

⁵ Ekologiczne metody zarządzania flotą (Green Vehicle Routing Problems) wspomagają firmy dysponujące flotami pojazdów napędzanych paliwami alternatywnymi w przewycięzaniu trudności wynikających z ograniczonego zasięgu pojazdu w połączeniu z ograniczoną infrastrukturą tankowania.

Na Rysunku 3 przedstawiono fragment danych dostępnych na platformie e-learningowej. Warto dodać, że student może również zdefiniować swój problem transportowy, przy zachowaniu formatu istniejących w aplikacji tabel.

Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	
Pickup and Delivery Orders										
Weight and Volume are weekly figures. For US, we specified vehicle type.										
Order Id	Latitude	Longitude	Weight	Volume	Pickup/Del	Depot Id	V	Sto	Time Win	
CA_S001	43,83009	-79,490425	6450	19,35	Pickup	Bradford West		20	TW01	
CA_S002	43,76031	-79,546821	450	1,35	Pickup	Bradford West		5	TW03	
CA_S003	44,47272	-79,568989	1650	4,95	Pickup	Bradford West		10	TW01	
CA_S004	43,88429	-79,018132	150	0,45	Pickup	Bradford West		5	TW01	
CA_S005	43,68388	-79,674768	150	0,45	Pickup	Bradford West		5	TW01	
CA_S006	43,71379	-79,624067	450	1,35	Pickup	Bradford West		5	TW03	
E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Vehicles										
By setting the Speed Factor to 1, we haven't make any adjustments to the speed of the vehicles. Average speeds are used for each vehicle type.										
Vehicle Type	Avail V	End Depot	Weight	Vol	Max Sto	Time Window S	Time Window E	Profile	Spe	
Truck_Tronton	5	Bradford West	15000	35	10	5-30-2022 4:00	5-30-2022 22:00	truck	1	
Truck_Engkel	3	Bradford West	8000	25	5	5-30-2022 4:00	5-30-2022 22:00	truck	1	
Truck_Double	1	Bradford West	5000	12	5	5-30-2022 4:00	5-30-2022 22:00	car	1	
Truck_Tronton	5	Bradford West	15000	35	10	6-1-2022 4:00	6-1-2022 22:00	truck	1	

Rysunek 3. Tabele danych wejściowych opisujące Pojazdy oraz Zlecenia odbioru i dostawy

Źródło: (Milkrun Optimization Plus Case Study, 2022)

Student powinien zwrócić tu uwagę na kilka istotnych charakterystyk algorytmu VRPTW. Po pierwsze, konieczność zapewnienia spójności profili okien czasowych dyspozycyjności pojazdów i dostaw towarów. W przypadku jej braku nie będzie możliwe opracowanie planu. Po drugie, precyzyjne określenie ładowności pojazdów i ich prędkości oraz danych dotyczących emisyjności zanieczyszczeń. Algorytm nie optymalizuje czasów załadunku i rozładunku dostaw; może to być tematem innego zadania. Student może też wyznaczyć dostawców, dla których będzie zorganizowany odrębny serwis transportowy. W praktyce często dostępne są informacje o aktualnych kosztach transportu, które mogą być przedmiotem porównania z otrzymanym, optymalnym planem zaopatrzenia. W większości przypadków wyniki planu zaopatrzenia zostaną wygenerowane niemal natychmiast.

Aplikacja generuje interaktywne i konfigurowalne mapy, na których student może sprawdzić dokładnie każdą trasę pod kątem profilu terenu, czasu przejazdu, dystansu, prędkości przejazdu. W razie potrzeby niektóre wartości mogą zostać zmienione, np. typ pojazdu, prędkości czy czasy odbioru lub dostawy.

Model interaktywny tym różni się od typowej aplikacji, że w trakcie jego projektowania i optymalizacji generowane są pytania o charakterze dydaktycznym związane z danym zastosowaniem. Odpowiedzi na te pytania stanowią podstawę do oceny poziomu wiedzy studenta oraz do wygenerowania, w przypadku trudności czy błędów, ewentualnych podpowiedzi, komentarzy i sugestii. Mogą one przykładowo dotyczyć możliwości zmniejszenia liczby pojazdów, skrócenia tras przejazdów, oszczędności kosztów transportu czy emisji CO₂. W tych przypadkach student musi skorzystać z informacji dostępnych w wygenerowanych tabelach i diagramach, takich jak:

- aktualny i optymalny plan zaopatrzenia z predefiniowanymi ograniczeniami;
- informacja o trasach w powiązaniu z czasem dostaw lub odbioru, czasem przejazdu, wagą towaru;
- podsumowanie opisujące optymalne rozwiązanie ze szczegółami dotyczącymi wymaganej floty, liczby tras, odległości i zużycia paliwa (Rysunek 4).

AS-IS Situation									
	Fleet required	No of routes	Distances (km)			Fuel Ratio/1l Diesel (km)			Fuel consumption (l)
			Straight	Up	Down	Straight	Up	Down	
Truck_Tronton			3945,46	18,95	17,29	3	3,15	2,85	1 327
Total Truck_Tronton	5	43							1 327
Truck_Engkel			2803,06	12,26	10,87	4	4,2	3,8	707
Total Truck_Engkel	3	22							707
Truck_Double			5337,46	20,8	20,45	6	6,3	5,7	896
Total Truck_Double	1	8							896
Grand Total	9	73							2 930

Optimization Model									
	Fleet required	No of routes	Distances (km)			Fuel Ratio/1l Diesel (km)			Fuel consumption (l)
			Straight	Up	Down	Straight	Up	Down	
Truck_Tronton			1307,21	6,52	6,32	3	3,15	2,85	440
Total Truck_Tro	5	9							440
Truck_Engkel			2002,57	6,06	5,99	4	4,2	3,8	504
Total Truck_Eng	1	3							504
Truck_Double			2436,4	12,86	12,5	6	6,3	5,7	410
Total Truck_Dot	1	3							410
Grand Total	7	15							1 354

Rysunek 4. Porównanie wyników sytuacji AS-IS z Optymalnym Planem Zaopatrzenia

Źródło: (Milkrun Optimization Plus Case Study, 2022)

Dla przykładu na Rysunku 4 podano dane do przeprowadzenia analizy porównawczej aktualnego planu zaopatrzenia fabryki (na rysunku AS-IS Situation) z otrzymanym planem optymalnym (Optimization Model). W wierszach zaznaczonych kolorem szarym student może odnotować wyniki optymalizacji i wskazać na istotne zmniejszenie liczby tras z 43 do 9, a w tym dystansu i kosztów przejazdu. W rezultacie w wyniku optymalizacji zmniejszono liczbę pojazdów do 7, zmniejszono całkowite koszty transportu o 52%, a zużycie paliwa o 54%. Dodatkową, ważną dla środowiska korzyścią jest znaczące zmniejszenie emisji CO₂. Prace na ten temat mogą stanowić następane zadania praktyczne.

Podsumowanie

Obecnie program Master in International Logistics oferowany przez Międzynarodową Wyższą Szkołę Logistyki i Transportu we Wrocławiu zawiera kilkadziesiąt interaktywnych modeli wraz z odpowiadającymi im zestawami danych i samouczkami online. Modele te uzupełniają główne wykłady, które omawiają teoretyczne podstawy do modelowanych zastosowań. W odróżnieniu od programów gier decyzyjnych i symulatorów modele interaktywne są połączeniem oprogramowania specjalistycznego z LMS. Ze względu na profil programu Master jako oprogramowanie specjalistyczne wybrano systemy i platformy stosowane w logistyce. Przedstawione w artykule studia przypadków zaprezentowały metody podejścia do rozwiązania problemów optymalizacji łańcucha dostaw przy różnym stopniu złożoności sieci zaopatrzenia. W przykładach pokazano, jak ważny jest wybór podejścia, narzędzi i odpowiedniego algorytmu optymalizacji.

Niniejszy projekt wnosi do badań nad interaktywnymi modelami nowe doświadczenia w obszarze projektowania i implementacji interakcji w logistyce. Pokazuje użyteczne i ciekawe rozwiązania IT, w szczególności metody wykorzystania multimediów i wizualizacji w pozyskiwaniu wiedzy.

Korzyści wprowadzenia do nauczania modeli interaktywnych są liczne. Przede wszystkim poprzez interaktywność realnie angażują studenta w proces nauczania, wzmacniają jego uwagę i koncentrację, ułatwiają zapamiętanie złożonych zagadnień. Ponadto umożliwiają łatwe i trwałe opanowanie nowej wiedzy i nabycie profesjonalnych umiejętności. W wielu przypadkach pobudzają ciekawość, kreatywność i motywują do podejmowania nowych wyzwań.

Z naszego doświadczenia wynika, że projektowanie i realizacja interaktywnych materiałów zajmuje znacznie więcej czasu aniżeli pasywne wykłady e-learningowe. Z tego względu w projektowaniu dialogów zdecydowano się rozważyć jedynie typowe sekwencje konwersacji. Nie sposób było objąć wszystkie przypadki i sytuacje. Aby zmniejszyć złożoność interakcji, odpowiedzi studentów zostały pogrupowane w klasy, które można oddzielnie przetwarzać jako jednorodną grupę. Odpowiedzi nietypowe traktowane były jako wyjątki, które wymagają szczegółowych wyjaśnień. W projekcie testów zwrócono szczególną uwagę na rozpoznanie błędów konceptualnych i proceduralnych studentów. Są one analizowane i przetwarzane przy pomocy metod sztucznej inteligencji, głównie przez sieci semantyczne i mechanizmy wnioskowania. Przykłady tych prac można znaleźć w (KorczaK & Pawełoszek, 2022).

W dalszych pracach planowane jest rozszerzenie bazy modeli interaktywnych oraz oprogramowania profesjonalnego. Zakłada się zwiększenie bazy danych o nowe przypadki studyjne. Planowane jest też wprowadzenie do modeli nowych możliwości prowadzenia dialogu m.in. poprzez komunikację wokalną z szerokim wykorzystaniem pakietów przetwarzania języka naturalnego.

Literatura

- Bajracharya, S. (2018). Interactive Model of Communication, Businessstopia. <https://www.businessstopia.net/communication/interactive-model-communication>
- Bettinelli, A., Sahin M., & Yaman, H. (2022). A Branch and Price Algorithm for the Heterogeneous Fleet Multi-Depot Multi-Trip Vehicle Routing Problem with Time Windows. *Transportation Science*, 56(6), 1636-1657. DOI: 10.1287/trsc.2022.1146
- Caballe, S., Demetriadis, S., Gómez-Sánchez, E., Papadopoulos, P., & Weinberger, A. (2021). *Intelligent Systems and Learning Data Analytics in Online Education*. Academic Press. DOI: 10.Art-FormatPCz.docx1016/C2020-0-00040-X
- Dantzig, G. B., & Ramser, J. H. (1959). The Truck Dispatching Problem. *Management Science*, 6(1), 80-91.
- Drexl, M. (2012). Rich Vehicle Routing in Theory and Practice. *Logistics Research*, 5, 47-63. DOI: 10.1007/s12159-012-0080-2
- Elliott, S. N., Kratochwill, T. R., Cook, J., & Travers, J. (2000). *Educational Psychology: Effective Teaching, Effective Learning*. McGraw-Hill.
- Fletcher, R. (2000). *Practical Methods of Optimization*. Wiley. DOI: 10.1002/9781118723203
- Johnson, C. (1996). *Unlocking the Will to Learn*. Thousand Oaks.
- Kinshuk, B. (2016). *Designing Adaptive and Personalized Learning Environments*. Routledge. DOI: 10.4324/9781315795492
- Korczak, J., & Pawełszek, I. (2022). Constructive Approach to Students' Error Processing in E-learning. W: V. L. Uskov, R. J. Howlett, L. C. Jain (Eds.). *Smart Education and e-Learning – Smart Pedagogy* (s. 160-169). SEEL-22 2022. Smart Innovation, Systems and Technologies 305. Springer. DOI: 10.1007/978-981-19-3112-3_15
- Korczak, J., & Pawęska, M. (2022). Online Master in International Logistics – Methodology, Design and Implementation. W: *Proceedings of the 14th International Conference on Computer Supported Education* (s. 427-435). Vol. 1. SciTePress. DOI: 10.5220/0011107200003182
- Kumar, P., Saxena, C., & Baber, H. (2021). Learner-Content Interaction in E-Learning – The Moderating Role of Perceived Harm of COVID-19 in Assessing the Satisfaction of Learners. *Smart Learning Environments*, 8(5). DOI: 10.1186/s40561-021-00149-8
- Milkrun Optimization Plus Case Study. (2022). *LogHub*. <https://log-hub.lpages.co/case-study-milkrun-opt-plus/> (dostęp: 10.11.2022).
- Pessoa, A., Sadykov, R., Uchoa, E., & Vanderbeck, F. (2020). A Generic Exact Solver for Vehicle Routing and Related Problems. *Mathematical Programming*, 183, 483-523, DOI: 10.1007/s10107-020-01523-z
- Plass, J. L., Schwartz, R. N., & Heidig, S. (2012). Interactivity in Multimedia Learning. W: N. M. Seel (Ed.), *Encyclopedia of the Sciences of Learning* (s. 1615-1617). Springer. DOI: 10.1007/springerreference_226178
- Pulak, I. (2016). The Level of Individualization as One of the Quality Dimensions of E-Learning. W: E. Smyrnowa-Trybulska (Ed.), *E-learning. Vol. 8. E-learning Methodology – Implementation and Evaluation* (s. 287-296). University of Silesia in Katowice.
- Shute, V. J., Rahimi, S., & Lu, X. (2019). Supporting Learning in Educational Games: Promises and Challenges. W: P. Diaz, A. Ioannou, K. K. Bhagat, & J. M. Spector (Eds.), *Learning in a Digital World: Perspective on Interactive Technologies for Formal and Informal Education* (s. 59-81). Springer. DOI: 10.1007/978-981-13-8265-9_4

- Slavuj, V., Kovacic, B., & Jugo, I. (2013). Assessing User Satisfaction with a System for e-Learning Based on Dialogue. W: J. Boustany (Ed.), *La médiation numérique: renouvellement et diversification des pratiques. Actes du Colloque Document Numérique et Société* (s. 221-235). De Boeck Supérieur. DOI: 10.3917/dbu.chron.2013.01.0221
- Tavangarian, D., Leypold, M. E., Nölting, K., Röser, M., & Voigt, D. (2004). Is e-Learning the Solution for Individual Learning?. *Electronic Journal of E-Learning*, 2(2), 273-280.
- Toth, P., & Vigo, D. (2002). An Overview of Vehicle Routing Problems. W: P. Toth, & D. Vigo (Eds.), *The Vehicle Routing Problem. SIAM Monographs on Discrete Mathematics and Applications* (s. 1-26). SIAM Publishing. DOI: 10.1137/1.9780898718515.ch1
- Yalaoui, A., Chehade, H., Yalaoui, F., & Amodeo, L. (2012). *Optimization of Logistics*. Wiley. DOI: 10.1002/9781118569597

Wkład autorów: 100%.

Konflikt interesów: Brak konfliktu interesów.

Źródła finansowania: Brak finansowania zewnętrznego.

INTERACTIVE MODELS IN LOGISTICS E-LEARNING – SUPPLY CHAIN OPTIMIZATION

Abstract: The article presents methods and benefits of introducing interactive models into logistics e-learning programs. The presented interactive models have been developed in the project on the e-learning program Master of International Logistics at the International University of Logistics and Transport in Wrocław, Poland. The models complement the compulsory lectures and instructions of the e-learning programs, although they can also be used in traditional teaching. The considerations of the models are supported by two examples. The first one concerns the transport optimization with the use of MS Excel Add-in. In the second example, both the set of constraints and the scope of data have been significantly expanded. This required the use of the commercial Log-hub platform which provided an opportunity to illustrate interactivity and allowed for the optimization of complex logistics problems. In conclusion, the experiences and benefits of interactive models in logistics, created during the project implementation, have been summarized.

Keywords: e-learning, logistics, interactive models, supply chain optimization

Articles published in the journal are made available under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License. Certain rights reserved for the Czestochowa University of Technology.

