

STRULAK-WÓJCIKIEWICZ Roma, ŁATUSZYŃSKA Małgorzata

PROBLEMY UJMOWANIA ELEMENTÓW JAKOŚCIOWYCH W SYMULACYJNYM MODELU OCENY ODDZIAŁYWANIA INWESTYCJI TRANSPORTOWYCH NA ŚRODOWISKO

Streszczenie

Artykuł prezentuje koncepcję modelu symulacyjnego do oceny oddziaływania inwestycji transportowych na środowisko naturalne. Model został skonstruowany w konwencji dynamiki systemowej, która jest metodą modelowania symulacyjnego stosowaną do analizy problemów słabo ustrukturalizowanych, o dużej liczbie współzależności między elementami. Niektóre ze skutków inwestycji transportowych, pojawiających się w środowisku, można zmierzyć i/lub wyliczyć za pomocą konkretnych metod (skutki mierzalne/ilościowe), dla innych zaś możliwe jest tylko określenie intensywności wpływu (skutki niemierzalne/jakościowe), a są na tyle ważne, że należy je ujmować w ocenie. Głównym celem artykułu jest analiza możliwości ujmowania elementów jakościowych w proponowanym modelu i ich integracja z elementami ilościowymi.

WSTĘP

Każda inwestycja transportowa, bez względu na jej naturę, skalę czy funkcje jakie ma w przyszłości pełnić, oddziałuje w określony sposób na środowisko i w konsekwencji na człowieka. Skutki tych oddziaływań mają różnorodny charakter (pozytywny lub negatywny), różny zakres, trwałość w czasie, odwracalność i zdolność generowania synergii. Z uwagi na ciągły rozwój infrastruktury transportu (wynikający z rosnących potrzeb gospodarczych i społecznych) oraz wzrastające natężenie ruchu – wpływ transportu na środowisko jest zdecydowanie negatywny. W związku z tym, każda planowana inwestycja, zwłaszcza w infrastrukturę transportu, wymaga wnikliwej oceny jej potencjalnego wpływu na środowisko. Zgodnie z zapisami unijnych i krajowych przepisów [9], [49] narzędziem, które umożliwia w miarę pełną i obiektywną identyfikację możliwych zagrożeń jest ocena oddziaływania na środowisko (oos)¹. Przepisy dotyczące oos wyróżniają dwie następujące grupy przedsięwzięć [49, art.60], [37]:

- (grupa I) przedsięwzięcia mogące zawsze znacząco oddziaływać na środowisko (wymagające przeprowadzenia procedury oos) określa [49, art. 59], [37];
- (grupa II) przedsięwzięcia mogące potencjalnie znacząco oddziaływać na środowisko (bez przeprowadzania procedury oos) określa [37, §3, pkt 58 do 64], zaś organ właściwy do wydania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach określa [49, art. 75].

¹ Zagadnienia dotyczące procedury oceny oddziaływania na środowisko oraz metod szacowania wpływu inwestycji w infrastrukturę transportu na środowisko naturalne poruszone zostały między innymi w: [25, s. 189-210], [45, s. 121-132], [26, s. 197-210], [27, s. 118-136].

W grupie I, w odniesieniu do infrastruktury transportu znajdują się między innymi przedsięwzięcia dotyczące: linii kolejowych wchodzących w skład transeuropejskiego systemu kolei dużych prędkości lub transeuropejskiego systemu kolei konwencjonalnej, autostrad i dróg ekspresowych; portów lub przystani morskich. W grupie II zaś znajdują się takie przedsięwzięcia jak: linie kolejowe wraz z terminalami transportu kombinowanego przeznaczonego do obsługi przewozu oraz mosty, wiadukty lub tunele liniowe w ciągu dróg kolejowych; linie tramwajowe, koleje napowietrzne lub podziemne.

Określając efekty rozwoju infrastruktury transportu w zakresie środowiska należy wziąć pod uwagę ich różnorodny charakter, czas ich trwania, zasięg geograficzny, ich wzajemne powiązania i interakcje oraz oddziaływania pośrednie i wtórne wynikające z tych powiązań [47]. Efekty te, z uwagi na ich wzajemne powiązania, oddziaływania i występujące między nimi sprzężenia zwrotne, tworzą szczególnie złożony system. Dodatkowym utrudnieniem przy ocenie wpływu transportu na środowisko jest konieczność uwzględnienia zarówno mierzalnych (ilościowych) jak i niemierzalnych (jakościowych) efektów środowiskowych.

Do szacowania efektów wywoływanych przez transport w środowisku naturalnym stosowane są różne modele, związane często z modelami biofizycznymi opartymi na prawach fizyki oraz chemii, w zależności od charakteru badanych konsekwencji. Są to najczęściej modele statyczne i cząstkowe, które nie zapewniają pełnej kompleksowości. Dotyczą najczęściej jednego określonego elementu środowiska, a przy ich definiowaniu zmienne nie należące do danej dyscypliny traktuje się jako egzogeniczne i niezależne od badanego układu. W rzeczywistości mamy do czynienia z bardzo silnymi interakcjami między zmiennymi zawartymi w modelu, a zmiennymi traktowanymi jako „obce”. Zjawisko takie występuje przykładowo, gdy rozpatruje się długofalowe efekty badanych przedsięwzięć - wówczas nawet niewielkie krótkookresowe wpływy mogą kumulować się w bardzo znaczący sposób. W opinii autorki, zastosowanie do oceny oddziaływania inwestycji transportowych na środowisko modelu symulacyjnego, zbudowanego w konwencji dynamiki systemowej, pozwoli na jednoczesną analizę wszystkich istotnych efektów, zarówno ilościowych jak i jakościowych, w ujęciu dynamicznym, w układzie wzajemnych sprzężeń zwrotnych.

Podstawowym celem artykułu jest analiza możliwości ujmowania w proponowanym modelu symulacyjnym jakościowych oddziaływań inwestycji transportowych na środowisko. W artykule omówiono metody włączania zmiennych jakościowych i zaprezentowano przykładowy model zawierający zmienne jakościowe².

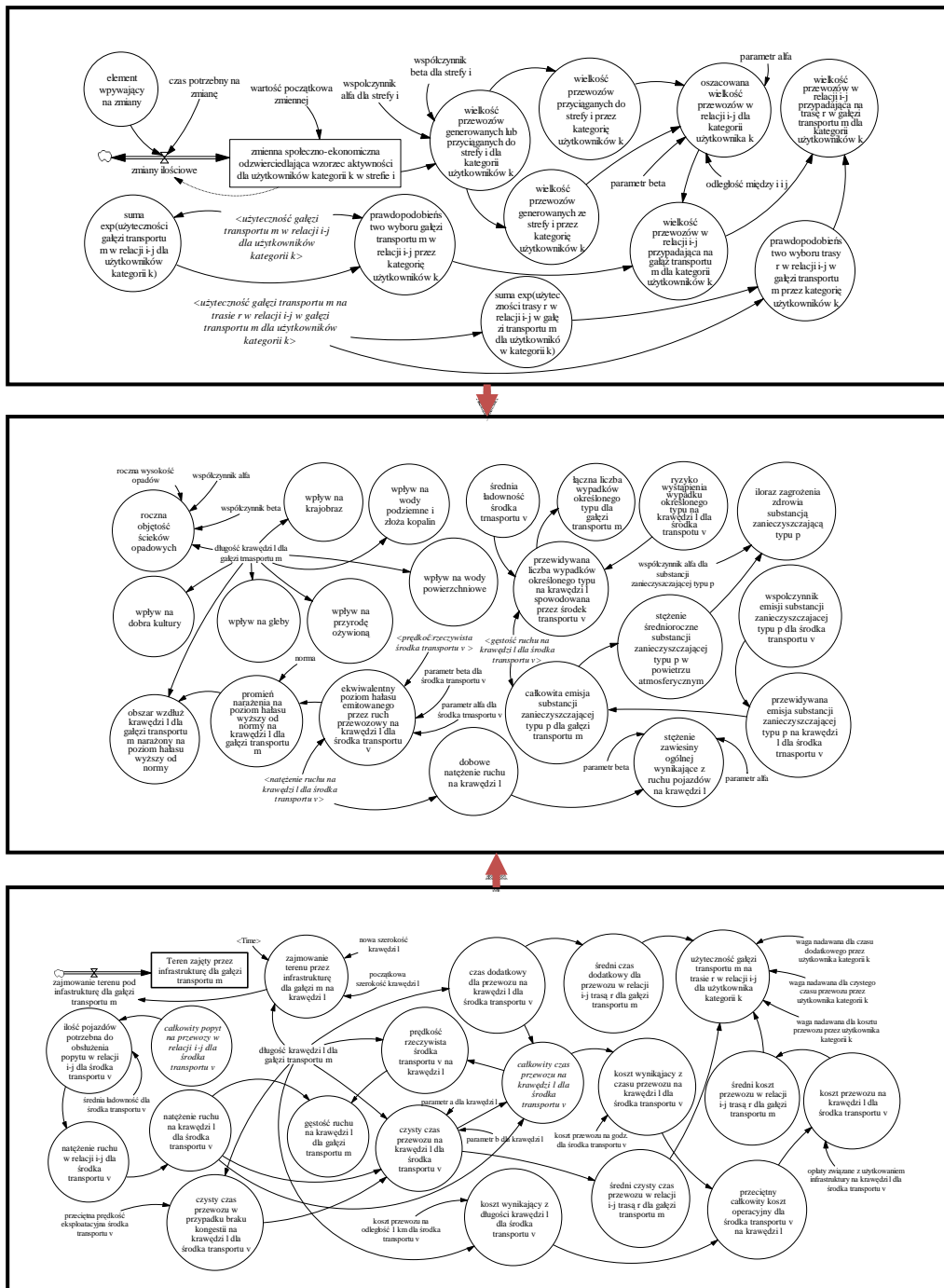
1. OGÓLNA KONCEPCJA SYSTEMOWO-DYNAMICZNEGO MODELU SYMULACYJNEGO DO OCENY EFEKTÓW ODDZIAŁYWANIA INWESTYCJI W INFRASTRUKTURĘ TRANSPORTU NA ŚRODOWISKO

Model symulacyjny do oceny efektów oddziaływania inwestycji w infrastrukturę transportu powstał w oparciu o metodę symulacji komputerowej zwaną dynamiką systemową (DS). Jest to metoda stosowana głównie do analizy problemów słabo ustrukturalizowanych, o dużej liczbie współzależności między elementami³. Istotą tego podejścia, zaproponowanego przez Forrestera [10], [11], [4], jest myślenie o dynamice badanego systemu w kategoriach pętli sprzężenia zwrotnego (ang. *feedback*). Według definicji zaproponowanej przez R. G. Coyle'a [8] „...dynamika systemowa zajmuje się zachowaniem systemów w czasie, w celu opisu systemu poprzez modele jakościowe i ilościowe, sposobu reakcji na sprzężenia zwrotne oraz projektowania właściwych sprzężeń informacyjnych i metod sterowania (polityk)

² Projekt sfinansowany ze środków NCN przyznanych na podstawie decyzji numer DEC-2011/01/B/HS4/ 05232.

³ Aparat matematyczny oraz zasady modelowania w konwencji dynamiki systemowej przedstawiono w licznych publikacjach, przykładowo: [14], [28], [41], [19], [24], [46].

za pomocą symulacji i optymalizacji...”. DS daje możliwości i podstawy do zrozumienia i zbadania wzajemnych interrelacji w systemach oraz określenia charakteru zmian w obrębie badanego systemu w czasie. Powstała na bazie teorii kilku dyscyplin naukowych więc już z genezy wynika jej zdolność do łączenia różnych podejść (w tym konwencjonalnych metod analizy) w jeden wspólny układ metodyczny. Budowa modelu systemowo-dynamicznego w głównej mierze polega na identyfikacji zależności przyczynowo – skutkowych pomiędzy poszczególnymi elementami badanego systemu rzeczywistego. Przy konstruowaniu modelu korzysta się z intuicji, wiedzy i doświadczenia ekspertów, teorii dyscypliny odnoszącej się do badanego problemu oraz danych pochodzących z obserwacji systemu w przeszłości.



Rys. 1. Ogólna struktura modelu symulacyjnego do oceny wpływu transportu na środowisko naturalne

Źródło: opracowanie własne

Ogólna struktura proponowanego modelu do oceny wpływu inwestycji transportowych na środowisko naturalne, przedstawiona schematycznie na rys. 1, składa się z trzech podstawowych submodeli: submodelu prognozy ruchu, submodelu efektów środowiskowych, submodelu sieci transportowej. Model zbudowany jest zgodnie z koncepcją modelowania modularnego, bazującej na założeniu, że modelowanie systemów polega na tworzeniu „modelu modeli”, czyli struktury niejednorodnej, składającej się z wielu mogących się powtarzać bloków strukturalnych, zwanych modułami. Moduły to niewielkie bloki zapisane w konwencji systemowo-dynamicznej, odwzorowujące pewne, uznane za elementarne, części systemu rzeczywistego. Bloki te zawierają elementy notacji systemowo-dynamicznej (poziomy, strumienie, zmienne pomocnicze, parametry) i instrukcje formalnego języka symulacyjnego (DYNAMO, VENSIM, Powersim, IThink itp.)⁴.

Submodel efektów środowiskowych wykorzystuje informacje pochodzące z submodelu prognozy ruchu oraz z submodelu sieci transportowej, na co wskazują ujęte na rysunku powiązania. Dzięki informacjom generowanym z wymienionych submodeli (np.: przeciętne prędkości pojazdów, elementy opisowe sieci transportowej) możliwe jest oszacowanie efektów środowiskowych związanych z długoterminową prognozą ruchu przewozowego na budowanych bądź modernizowanych elementach infrastruktury transportowej.

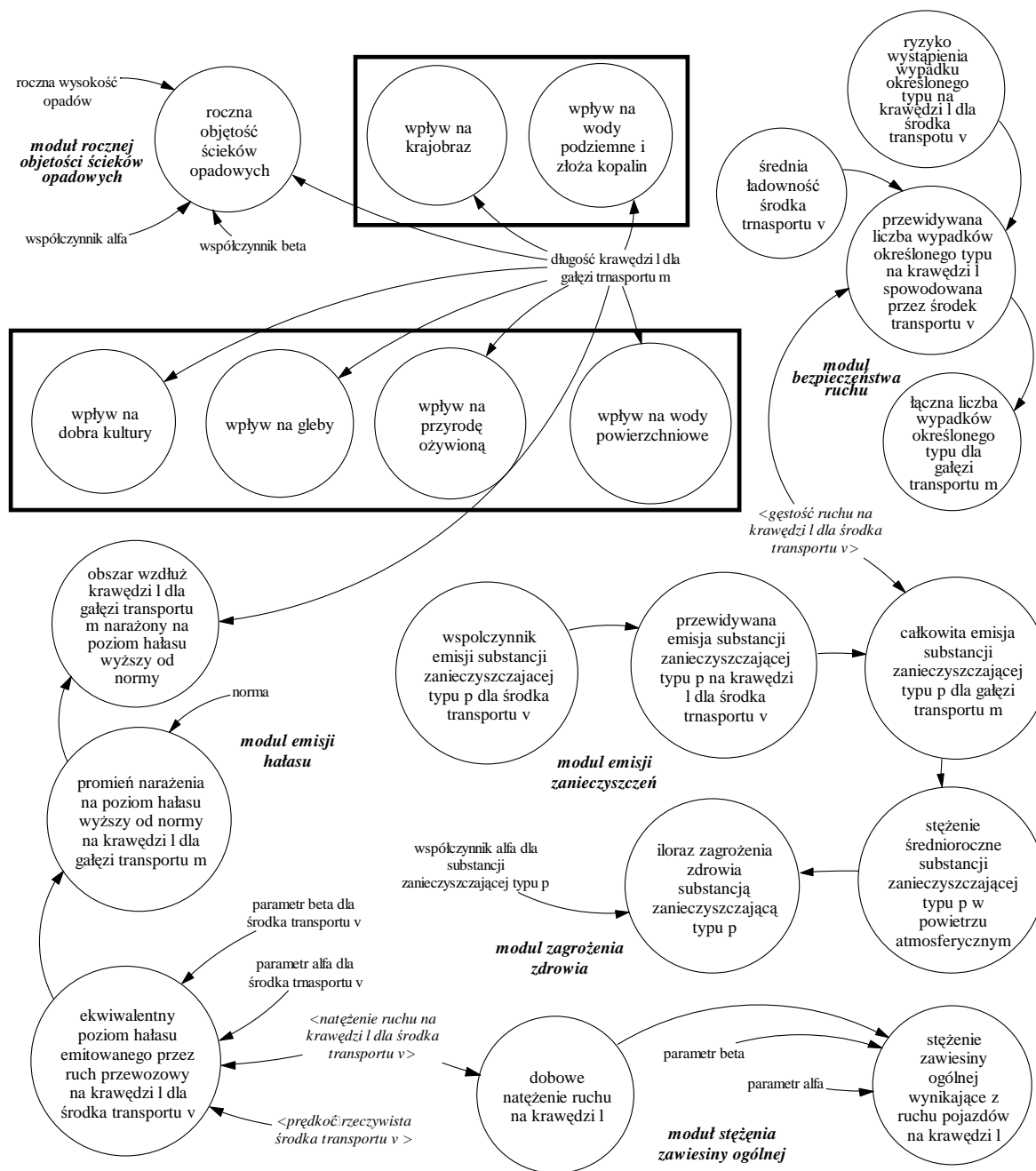
Uszczegółowioną strukturę submodelu efektów środowiskowych przedstawiono na rys. 2. Składają się na nią moduły odzwierciedlające zarówno jakościowe/mierzalne skutki wywoływane przez inwestycje w infrastrukturę transportu w środowisku naturalnym (emisji zanieczyszczeń, emisji hałasu, bezpieczeństwa ruchu, zagrożenia zdrowia, rocznej objętości ścieków opadowych oraz stężenia zawiesiny ogólnej), jak i te, które należą do kategorii jakościowych/niemierzalnych (wyróżnione za pomocą obramowania). Układ ujętych w submodelu skutków został opracowany na podstawie analizy raportów o oddziaływaniu na środowisko, które są kluczowym elementem procedury ooś⁵. Zakres każdego raportu o oddziaływaniu na środowisko szczegółowo określa Art. 66 ustawy ooś [49].

Podczas szacowania efektów środowiskowych wykorzystywane są zarówno metody jakościowe – określane mianem „metod intuicyjnych” jak i metody ilościowe – zawierające wskaźniki liczbowe. Dynamika systemowa opiera się głównie na zmiennych ilościowych, które opisują za pomocą wzorów wzajemne relacje, sprzężenia zwrotne oraz zachodzące w systemie zmiany w czasie, a ich sposób implementacji jest szeroko opisany w literaturze przedmiotu. Problemem jest dobór odpowiednich metod (technik) włączania zmiennych jakościowych, dla których możliwe jest tylko określenie prawdopodobnego stopnia ich wpływu. Choć w literaturze szeroko opisana jest kluczowa rola, jaką odgrywają takie zmienne (ang. *soft variables*) i ich analiza we wszystkich etapach procesu modelowania⁶, to trudno odnaleźć informację na temat metod włączania ich do modelu i integrowania ze zmiennymi ilościowymi w sposób dający spójne, powtarzalne i wiarygodne wyniki [43, s. 522-523].

⁴ Więcej na temat koncepcji modelowania modularnego w: [23, s. 156-170].

⁵ Raport o oddziaływaniu na środowisko określa oddziaływanie planowanego przedsięwzięcia na poszczególne elementy środowiska oraz ludzi przy uwzględnieniu przyjętych przez inwestora rozwiązań lokalizacyjnych, projektowych, technologicznych, technicznych i organizacyjnych. Dokument ten stanowi podstawowe źródło informacji o oddziaływaniu przedsięwzięcia na środowisko w fazie jego realizacji, eksploatacji lub użytkowania i likwidacji [49, art. 66. ust.6]. Od liczby szczegółów, wiarygodności i jakości zawartych w nim danych zależał będzie przebieg oceny oddziaływania na środowisko, rodzaj rozstrzygnięcia (odrzućcie projektu inwestycyjnego bądź jego akceptacja) oraz zakres, rodzaj i charakter zidentyfikowanych oraz nałożonych na inwestora warunków środowiskowych.

⁶ Metody włączania do modelu elementów jakościowych i/lub trudno mierzalnych, w postaci tzw. miękkich zmiennych (ang. *soft variables*) opisane są przykładowo w: [29], [1], [20, s. 245-263], [22, s. 271-296].



Rys. 2. Schemat strukturalny submodelu efektów środowiskowych z wyodrębnionymi modułami jakościowymi

Źródło: opracowanie własne

2. METODY WŁĄCZANIA DANYCH JAKOŚCIOWYCH DO SYSTEMOWO-DYNAMICZNEGO MODELU SYMULACYJNEGO

Gromadzenie i analiza danych jakościowych to iteracyjny proces pozwalający wydobyć badaczowi z różnorodnego materiału empirycznego pewne prawidłowości i uogólnienia. Do podstawowych źródeł danych jakościowych można zaliczyć [7], [22, s. 271]:

- dokumenty (piśmiennicze i multimedialne), już istniejące lub tworzone na prośbę badacza,
- przekazy ustne (ang. *oral history*),

- zogniskowane wywiady grupowe (ang. *focus group interviews, focus group, focus*),
- obserwacje uczestniczące (ang. *participant observation*),
- wywiady.

Wśród metod analizy danych jakościowych (ang. *qualitative data analysis*) wymienia się między innymi [48], [31, s. 239-249], [40, s. 79, 195], [33, s. 33-57], [16], [2]:

- analizę dyskursu (ang. *discourse analysis*),
- analizę treści (ang. *content analysis*),
- grupy delfickie,
- hermeneutykę,
- metody etnograficzne (np. etnograficzne modele decyzyjne),
- teorię ugruntowaną – (ang. *grounded theory*).

Wymienione metody gromadzenia i analizy danych jakościowych mogą być używane w różnych fazach konstruowania modelu symulacyjnego.

W tabeli 1. zestawiono kilka ujęć etapów modelowania symulacyjnego w konwencji dynamiki systemowej. Wolstenholme [52] ujmuje proces modelowania w trzy etapy, Richardson i Pugh [35] w siedem, natomiast Randers [32], Sterman [42] oraz Roberts i in. [36] wymieniają odpowiednio: cztery, pięć i sześć faz. Na potrzeby dalszych rozważań posłużono się czteroetapowym ujęciem procesu modelowania zaproponowanym przez Randers'a.

Tab. 1. Etapy procesu modelowania w metodzie dynamiki systemowej na podstawie przeglądu literatury

Randers (1980)	Richardson & Pugh (1981) □	Roberts et al. (1983) □	Wolstenholme (1990) □	Sterman (2000) □
Konceptualizacja	Definicja problemu	Definicja problemu	Budowa i analiza diagramu	Artykulacja problem
	Konceptualizacja systemu	Konceptualizacja systemu		Hipotezy dynamiczne
Formułowanie	Formułowanie modelu	Przedstawienie modelu	Faza symulacji (etap 1)	Formułowanie
Testowanie	Analiza zachowania modelu	Zachowanie modelu		Testowanie
	Ocena modelu	Ocena modelu		
Wdrażanie	Analiza polityki działania	Analiza polityki działania i wykorzystanie modelu	Faza symulacji (etap 2)	Formułowanie polityk działania i ocena
	Wykorzystanie modelu			

Źródło: opracowanie własne na podstawie [22, s. 275].

W tabeli 2 zaprezentowano przykładowe metody/techniki włączania danych jakościowych do systemowo-dynamicznego modelu symulacyjnego, jakie mogą być użyte w wymienionych przez Randers'a etapach, wykazując, że w każdej fazie modelowania możliwe jest korzystanie z danych jakościowych [22, s. 275]. Gromadzenie i analiza danych jakościowych to czynności zające się i wzajemnie przeplatające od początku procedury badawczej. Są to czynności czaso- i pracochłonne, których rezultaty z reguły nie podlegają kwantyfikacji. Możliwe jest jednak określenie stopnia wpływu elementów jakościowych poprzez użycie umownej skali⁷. Skale mogą różnić się zarówno liczbą stopni, kierunkiem ocen (dodatnim lub ujemnym), jak i formą graficzną⁸.

⁷ Skala jest to odwzorowanie, czyli model rzeczywistych zjawisk i ich relacji. Skale buduje się, przyporządkowując liczby lub inne symbole mierzonym cechom według określonych zasad. Czynność odwzorowania mierzonej cechy za pomocą wybranej skali nazywa się skalowaniem [17]. Użyteczna skala pomiarowa nie powinna być skomplikowana. Powinna dostarczać danych wysokiej jakości, co jest konsekwencją jej wysokiej rzetelności i trafności [51, s. 18-19]. Dodatkowo Frankfort-Nachmias i Nachmias

Tab. 2. Rodzaje metod/technik stosowanych w przypadku zmiennych jakościowych w poszczególnych etapach procesu modelowania

Rodzaje metod/technik	Etapy w procesie modelowania						
	Konceptualizacja		Formułowanie	Testowanie		Wdrożenie	
	Zdefiniowanie problemu	Konceptualizacja systemu	Sformułowane modelu	Analiza zachowań modelu	Ocena modelu	Polityka działania	Zastosowanie modelu
Wywiady	+	+	+	+	+		
Przekazy ustne	+	+					+
Grupy fokusowe	+	+	+	+	+		+
Hermeneutyka	+	+					
Analiza dyskursu	+	+					+
Analiza treści	+	+	+				
Grupy delfickie			+	+	+		+
Obserwacja uczestnicząca			+				
Teoria ugruntowana			+				+
Etnograficzne modele decyzyjne			+				
Podejścia eksperymentalne				+	+	+	

Źródło: opracowanie własne na podstawie Luna-Reyes, L. F., Andersen D. L., *Collecting and analyzing qualitative data for system dynamics: methods and models*, op. cit. s. 287-292.

W przypadku szacowania wpływu inwestycji na określone elementy środowiska najczęściej stosowaną skalą jest skala porządkowa stopniowa dwubiegunowa⁹. Za pomocą tej skali (najczęściej kilkustopniowej) możliwe jest określenie intensywności wpływu danej inwestycji na określony element środowiska, np.: stopień konfliktowości (1 - duży, 2 - średni, 3 - brak konfliktu), wrażliwość danego elementu środowiska (1 - duża, 2 - średnia, 3 - mała).

Na rys. 2, w strukturze submodelu środowiskowego, wyodrębniono sześć modułów reprezentujących określone elementy środowiska podlegające ocenie, dla których określenie intensywności wpływu możliwe jest jedynie za pomocą umownej skali, przy udziale ekspertów. Przykładowo, w przypadku modułu wpływu na krajobraz, ekspert na podstawie studiów krajobrazowych ustala potencjalny wpływ przedsięwzięcia na krajobraz oraz jego stopień w przyjętej skali intensywności wpływu.

twierdzą, że skala pomiarowa powinna charakteryzować się jednowymiarowością, tzn. że zbiór pozycji składających się na skalę powinien odzwierciedlać tylko jeden wymiar. Innymi słowy wszystkie pozycje, z których składa się narzędzie pomiarowe, mogą być umieszczone na kontinuum odnoszącym się do jednego i tylko jednego pojęcia [12, s. 471].

⁸ Najpowszechniej przyjmowany jest podział skal pomiarowych zaproponowany przez Stevensa [44]. Wyróżnia on skale: nominalną, porządkową, przedziałową (interwałową), stosunkową (ilorazową). Więcej na temat klasyfikacji skal wg Stevensa znaleźć można w: [38], [39], [30].

⁹ W skali porządkowej, przyporządkowanie odpowiada nie tylko relacjom równości i różności, ale także uporządkowaniu ze względu na badaną własność (liczba większa oznacza, że własność jej odpowiadająca występuje w większym nasileniu, niż w przypadku własności oznaczonej mniejszą liczbą, ale nie wiadomo jednak o ile większym). Nie daje odpowiedzi na pytanie w jakim stopniu jedno jest większe niż inne. Szerzej na temat skal porządkowych w: [5], [50, s. 39-46].

Ocena ekspercka, w odniesieniu do wpływu na krajobraz, może dla przykładu dotyczyć takich aspektów, jak¹⁰:

- określenie jednostek opisowych wyróżniających się wizualnie ze względu na ilość, jakość i wyrazistość elementów krajobrazu,
- ocena zasobów krajobrazu: stopień naturalności, stopień integralności, stopień harmonii, stopień wyrazistości,
- ocena wrażliwości krajobrazu: nienaruszalność, podatność na zmianę, stopień typowości (unikatowości).

W ocenie zasobów krajobrazu ekspert może posłużyć się trzystopniową skalą waloryzacji (1 - duże, 2 - średnie, 3 - małe) opierającą się na kontinuuach: naturalny/zurbanizowany, zintegrowany/niespójny, zharmonizowany/nieuporządkowany estetycznie – uwzględniając przy tym ilość, jakość i wyrazistość komponentów krajobrazu oraz elementy szpecące. Przy określeniu wrażliwości krajobrazu na wprowadzenie do niego elementu, jakim jest inwestycja, można również oprzeć się na trzystopniowej skali, ustalając w efekcie stopień konfliktowości z aktualnym krajobrazem dla poszczególnych jednostek opisu krajobrazu na każdej krawędzi budowanej/modernizowanej infrastruktury transportowej (1 – konflikt duży, 2 – konflikt średni, 3 – brak konfliktu). Wartości odpowiadające poszczególnym krawędziom mogą być umieszczone w bazie danych i w trakcie obliczeń pobierane do modelu.

PODSUMOWANIE

Przedstawiona koncepcja systemowo-dynamicznego modelu symulacyjnego, dzięki oparciu na idei modelowania modularnego, pozwala na integrację różnych metod i modeli używanych do badania wpływu inwestycji transportowych na środowisko oraz umożliwia jednocześnie szacowanie wszystkich skutków w ujęciu dynamicznym z uwzględnieniem ich wzajemnych interakcji, w tym również skutków jakościowych. Włączenie do struktury modelu symulacyjnego elementów jakościowych wymaga zastosowania odpowiednich metod/technik gromadzenia i analizy danych jakościowych w poszczególnych etapach tworzenia modelu. Zgromadzone i przetworzone dane jakościowe potrzebne do oceny oddziaływania inwestycji transportowych na środowisko mogą być umieszczane w bazie danych.

W przypadku inwestycji transportowych mających przestrzenny charakter (np. inwestycje w infrastrukturę transportu) korzystnym byłoby powiązanie owej bazy z systemem informacji geograficznej (ang. *Geographic Information System - GIS*)¹¹. System taki umożliwia pozyskiwanie, gromadzenie, udostępnianie, przetwarzanie, analizę i wizualizację danych przestrzennych, które mogą zostać wykorzystane przy ocenie zasobów środowiska naturalnego. Narzędzia GIS wykorzystuje się obecnie najczęściej do diagnozy i opisu istniejącego stanu środowiska przyrodniczego, inwentaryzacji zasobów i waloryzacji stanu środowiska. Powiązanie go z bazą danych pobieranych przez model umożliwiłoby szybszą identyfikację konfliktów i zagrożeń na obszarze planowanego przedsięwzięcia oraz prognozowanie przyszłych stanów środowiska oraz jego zmian, które mogą wystąpić na skutek realizacji planowanej inwestycji.

Obecnie, w ramach grantu badawczego Narodowego Centrum Nauki pt. „Modelowanie wpływu inwestycji w infrastrukturę transportu na środowisko naturalne”¹², opracowywana jest koncepcja rozwinięcia proponowanego modelu symulacyjnego w stronę systemu symulacyjnego współpracującego z systemem GIS.

¹⁰ Studium przypadku na podstawie [34].

¹¹ Szerzej na ten temat GIS i jego zastosowania w: [6, s. 118-126], [13], [21], [15], [18, s.12-18], [3].

¹² ID: 154139, Nr rej.: 2011/01/B/HS4/05232.

BIBLIOGRAFIA

1. Akkermans H.A., *Quantifying the soft issues. a case study in the banking industry*. 13th International Conference of the System Dynamics Society, Tokyo 1995.
2. Banks M., *Materiały wizualne w badaniach jakościowych*. Seria Niezbędnik badacza, PWN, Warszawa 2009.
3. Bielecka E., *Systemy Informacji Geograficznej. Teoria i zastosowania*. Wyd. PJWSTK, Warszawa 2006.
4. Bloomfield B. P., *Modelling the World*. Basil Blackwell, Oxford 1986.
5. Brzezińska A., Brzeziński J., *Skale szacunkowe w badaniach diagnostycznych*. [w:] Brzeziński J. (red.), *Metodologia badań psychologicznych. Wybór tekstów*, PWN, Warszawa 2004.
6. Brzozowska L., Brzozowski K., Drąg Ł., *System informacji przestrzennej jako integrator systemu komputerowego do oceny jakości powietrza*. *Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstwa* 5 (712), 2009.
7. Cisek S., *Analiza danych jakościowych we współczesnej informatologii*. Materiały konferencyjne „Nauka o informacji w okresie zmian”, Warszawa, 15-16 kwietnia 2013.
8. Coyle R. G., *Management System Dynamics*. John Wiley&Sons, Chichester 1979.
9. Dyrektywa Rady 85/337/EWG z dn. 27 czerwca 1985 r. w sprawie oceny skutków wywieranych przez niektóre przedsięwzięcia publiczne i prywatne na środowisko naturalne (Dz. Urz. WE L 175 z 05.07.1985, s. 40, z późn. zm.).
10. Forrester J.W., *Industrial Dynamics*. The MIT Press and Wiley, New York 1961.
11. Forrester J.W., *Principles of Systems*. MIT Press, Cambridge Mass 1968.
12. Frankfort-Nachmias Ch., Nachmias D., *Metody badawcze w naukach społecznych*. Zysk i S-ka Wydawnictwo, Poznań 2001.
13. Głowacki T., *Projekty GIS, Administracja i użytkowanie*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2005.
14. Gordon G., *Symulacja systemów*. WNT, Warszawa 1974.
15. Gotlib D., Iwaniak A., Olszewski R., *GIS. Obszary zastosowań*. PWN, Warszawa 2007.
16. Jemielniak D. (red.), *Metody i narzędzia*. t. 1 i 2, PWN, Warszawa 2012.
17. Kaczmarczyk S., *Badania marketingowe. Metody i techniki*. PWE, Warszawa 2003.
18. Kwiecień J., *Trendy rozwojowe GIS*. *Przegląd Geodezyjny*, Rok LXXVIII, Nr 6, 2006.
19. Krupa K., *Modelowanie symulacja i prognozowanie. Systemy ciągłe*. Wyd. Naukowo-Techniczne, Warszawa 2008.
20. Liu S., Triantis K., Sarangi S., *Representing Qualitative Variables and Their Interactions with Fuzzy Logic in System Dynamics Modeling*. *System Research and Behavioral Science* 2010, Vol. 28, No 3.
21. Longley P., Goodchild M., Maguire D. Rhind D., *GIS. Teoria i praktyka*. PWN, Warszawa 2006.
22. Luna-Reyes L.F., Andersen D.L., *Collecting and analyzing qualitative data for system dynamics: methods and models*. *System Dynamics Review* 2003, Volume 19, Issue 4.
23. Łatuszyńska M., *Modelowanie efektów rozwoju międzynarodowych korytarzy transportowych*. Wyd. Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin 2004.
24. Łatuszyńska M., *Symulacja komputerowa dynamiki systemów*, Wydawnictwo Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej, Gorzów Wielkopolski 2008.
25. Łatuszyńska M., Strulak-Wójcikiewicz R., *Ekologiczne aspekty rozwoju infrastruktury transportu*, [w:] Kryk B. (red.), *Trendy i wyzwania zrównoważonego rozwoju*, Uniwersytet Szczeciński, Szczecin 2011.
26. Łatuszyńska M., Strulak-Wójcikiewicz R., *Komputerowe wspomaganie oceny wpływu rozwoju infrastruktury transportu na środowisko*. *Studia Informatica* Nr 30. Zeszyty Naukowe nr 733, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin 2012.

27. Łatuszyńska M., Strulak-Wójcikiewicz R., *The concept of a simulation model for analysis of the transport environmental impact* [w:] Szyjewski Z., Swacha K. (red.), Selected Issues of Applied Informatics, Polish Information Society, Szczecin 2012.
28. Łukaszewicz R., *Dynamika Systemów Zarządzania*. PWN, Warszawa 1975.
29. McLucas A. C., *Incorporating Soft Variables Into System Dynamics Models: A Suggested Method and Basis for Ongoing Research*. 21st System Dynamics Conference, New York City 2003.
30. Ostasiewicz W., *Istota pomiaru statystycznego*. [w:] Ostasiewicz W., (red.), Pomiar statystyczny, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. Oskara Lanego we Wrocławiu, Wrocław 2003.
31. Pickard A. J., *Research Methods in Information*, Facet Publishing, London 2007.
32. Randers, J.. "Guidelines for Model Conceptualization" in Elements of the System Dynamics Method. [in:] J. Randers, (ed.), Pegasus Communications, Waltham 1980.
33. Rapley T., *Analiza konwersacji, dyskursu i dokumentów*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2010.
34. *Raport o oddziaływaniu na środowisko obwodnicy Stargardu Szczecińskiego w ciągu drogi krajowej nr 10 na odcinku węzeł „Lipnik” – węzeł „Święte”*, Instytut Ochrony Środowiska – Samodzielna Pracownia ds. Ocen Środowiskowych, Warszawa 2006.
35. Richardson G.P., Pugh A.L., *Introduction to System Dynamics Modeling with DYNAMO*. Productivity Press, Cambridge 1981.
36. Roberts, N.H., et al. . Introduction to Computer Simulation: The System Dynamics Modeling Approach, Addison-Wesley, Reading 1983.
37. *Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko* (Dz.U. Nr 213, poz.1397).
38. Rószkiewicz M., *Metody ilościowe w badaniach marketingowych*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2002.
39. Sagan A., *Badania marketingowe. Podstawowe kierunki*. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Krakowie, Kraków 2004.
40. Silverman D., *Prowadzenie badań jakościowych*. Wydaw. Naukowe PWN, Warszawa 2010.
41. Souček Z., *Modelowanie i projektowanie systemów gospodarczych*, PWN, Warszawa 1979.
42. Serman, J.D., *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. Irwin/McGraw-Hill, Boston 2000.
43. Serman J.D., *All models are wrong: reflections on becoming a systems scientist*, [in:] System Dynamics Review 2002, vol. 18, no. 4.
44. Stevens S.S., *On the theory of scales of measurement*, Science 1946, vol. 103, no 2684.
45. Strulak-Wójcikiewicz R., Łatuszyńska M., *Ocena oddziaływania inwestycji w infrastrukturę transportu na środowisko – aspekty prawne i metodologiczne*. Handel wewnętrzny Tom 3 - Trendy i wyzwania zrównoważonego rozwoju w XXI wieku, Instytut Badań Rynku, Konsumpcji i Koniunktur, Warszawa 2012.
46. Tarajkowski J., *Elementy dynamiki systemów*. Wyd. AE, Poznań 2008.
47. Tracz M., Bohatkiewicz J., *Postępowanie w sprawie ocen oddziaływania na środowisko*. GDDKiA, Warszawa 2001.
48. Thorne S., *Data analysis in qualitative research*. Evidence-Based Nursing 2000, Vol. 3, Issue 3.
49. *Ustawa z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko* (Dz. U. Nr 199, poz. 1227 ze zm.).

50. Walesiak M., *Pomiar odległości obiektów opisanych zmiennymi mierzonymi na skali porządkowej - strategie postępowania*, Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu nr 242, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław 2012.
51. Węziak-Białowolska D., *Operacjonalizacja i skalowanie w ilościowych badaniach społecznych*, Zeszyty naukowe Instytut Statystyki i Demografii SGH Nr 16, Warszawa 2011.
52. Wolstenholme, E., *System Enquiry: A System Dynamics Approach*. John Wiley & Sons, Inc., New York 1990.

PROBLEMS OF INCLUDING THE QUALITATIVE ELEMENTS IN THE SIMULATION MODEL FOR ASSESSING THE IMPACT OF TRANSPORT INVESTMENT ON THE ENVIRONMENT

Abstract

This paper presents the concept of a simulation model for assessing the impact of transport investment on the environment. The model is constructed in a convention of System Dynamics, which is the simulation modeling method used to analyze the problems poorly structured, with a large number of dependencies between components. Some of the effects of transport investments appearing in the environment can be measured and/or calculated by using concrete methods (measurable/quantitative effects). For others it is only possible to determine the intensity of the impact (immeasurable / qualitative effects). However, they are so important that they should be included in the assessment. The main objective of this paper is to analyze the possibility of including the qualitative elements in the proposed model and their integration with quantitative elements.

Autorzy:

dr hab. prof. US **Małgorzata Łatuszyńska** – Uniwersytet Szczeciński, Wydział Nauk Ekonomicznych i Zarządzania, Instytut Informatyki w Zarządzaniu, Katedra Metod Komputerowych w Ekonomii Eksperymentalnej, m-lat@wneiz.pl

mgr inż. **Roma Strulak-Wójcikiewicz** – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Techniki Morskiej i Transportu, Katedra Logistyki i Ekonomiki Transportu, roma@ps.pl