

Arkadiusz BARCZAK¹

ZARYS METODYKI PROJEKTOWANIA SYNTETYCZNYCH WSKAŹNIKÓW ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU TRANSPORTU

Transport odgrywa jedną z ważniejszych ról we współczesnym świecie i jest częścią niemal każdej działalności człowieka. Zrównoważony rozwój transportu musi być traktowany jako kolejny, logiczny krok w kierunku kompleksowego rozumienia zrównoważonego rozwoju. Syntetyczne wskaźniki stają się powszechnie akceptowalnym narzędziem stosowanym w porównywaniu wydajności, analizy przyjętych polityk oraz w komunikacji społecznej. W referacie przedstawiono założenia metodologii konstruowania syntetycznych wskaźników zrównoważonego rozwoju transportu.

BASIC PRINCIPLES OF CONSTRUCTION OF COMPOSITE INDICATORS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN TRANSPORTATION

Transportation plays a major role in today's world and is an essential extension of almost any human activity. Transportation sustainability must be addressed as a logical step toward overall sustainable development. Composite indicators have increasingly been accepted as a useful tool for performance comparisons, policy analysis and public communication in various fields. In this paper, the basic principles of the framework of construction of composite indicators of sustainable development in transport is presented.

1. WPROWADZENIE

Transport odgrywa jedną z najważniejszych ról we współczesnym świecie i jest częścią niemal każdej działalności człowieka. Transport warunkuje skutki gospodarcze, społeczne oraz środowiskowe i jest jednym z istotnych aspektów zrównoważonego rozwoju.

Zrównoważony rozwój zdefiniowany jest jako rozwój, w którym potrzeby obecnego pokolenia mogą być zaspokajane bez umniejszania szans przyszłych pokoleń na ich zaspokajanie („Nasza wspólna przyszłość”, Raport Światowej Komisji do spraw Środowiska i Rozwoju, 1987).

Zrównoważony rozwój rozpatrywany jest w trzech wymiarach: ekonomiczno-gospodarczym, socjalno-społecznym oraz środowiska naturalnego. Podstawowe problemy zrównoważonego rozwoju transportu w odniesieniu do zagadnień ekonomiczno-gospodarczych to:

- jakość środków transportu,

¹ Politechnika Poznańska, Instytut Silników Spalinowych i Transportu, ul. Piotrowo 3, 60-965 Poznań, arkadiusz.barczak@put.poznan.pl

- problem kongestii,
- koszty utrzymania infrastruktury,
- koszty transportu osób i towarów,
- bariery mobilności,
- koszty wypadków transportowych.

Podstawowe problemy zrównoważonego rozwoju transportu w odniesieniu do zagadnień socjalno-społecznych:

- sprawiedliwy dostęp do środków transportu (brak wykluczenia),
- różnorodność dostępnych środków transportu,
- wpływ na zdrowie ludzi,
- zaspokojenie potrzeb społecznych.

Podstawowe problemy zrównoważonego rozwoju transportu w odniesieniu do zagadnień środowiska naturalnego to:

- wpływ transportu na zmiany klimatyczne,
- zanieczyszczenie wody, powietrza i gleby,
- wykorzystanie terenów,
- generowanie hałasu,
- wyczerpywanie się nieodnawialnych zasobów naturalnych.

Kompleksowe ujęcie złożonych problemów zrównoważonego rozwoju transportu związane jest z wprowadzeniem znacznej liczby różnego typu wskaźników. Istotnym warunkiem skutecznej realizacji koncepcji zrównoważonego rozwoju, zarówno w sensie ogólnym, jak i w przypadku zrównoważonego rozwoju transportu, jest zastosowanie właściwych wskaźników. Propozycją rozwiązania tego problemu jest opracowanie metodyki konstruowania wskaźników syntetycznych [18, 21, 22, 23].

2. ZARYS METODYKI

Zgodnie z założeniami zawartymi w „Strategii zrównoważonego rozwoju Polski do roku 2025” [25], decyzje w zakresie rozwoju gospodarczego, społecznego i ekologicznego powinny być podejmowane w oparciu o rzetelną ocenę stanu istniejącego oraz potwierdzoną naukowo prognozę efektów ekonomicznych oraz skutków ekologicznych i społecznych [24, 26, 27, 28]. Dla tworzenia takiego modelu decyzyjnego niezbędne są odpowiednie wskaźniki, do postaci których przetwarzane będą dane wejściowe, na podstawie których monitorowane będą postępy i ustanawiane granice poszczególnych faz rozwoju i jego zrównoważenie, a także korekty polityk, programów i planowania rozwoju sektorowego.

Badania w zakresie opracowania metod konstruowania syntetycznych wskaźników zrównoważonego rozwoju prowadzone zarówno przez ośrodki badawcze [9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 20], jak i instytucje rządowe i międzynarodowe (OECD, Unia Europejska, Bank Światowy) [18]. Pierwsze projekty w zakresie konstruowania syntetycznych wskaźników zrównoważonego rozwoju transportu są realizowane w ramach działań badawczych wpieranych przez Komisję Europejską. W Polsce, problematyka konstruowania syntetycznych wskaźników zrównoważonego rozwoju jest wciąż na wstępnym etapie badań.

Konstruowanie syntetycznych wskaźników zrównoważonego rozwoju podzielone zostało na siedem etapów [18, 19]:

- Identyfikacja podstaw teoretycznych zagadnienia,
- Wybór danych wejściowych syntetycznego wskaźnika,
- Uzupełnianie brakujących danych,
- Analiza zmienności danych,
- Normalizacja danych,
- Nadawanie wag i agregacja danych,
- Analiza niepewności i wrażliwości wyników.

2.1. Podstawowe założenia formalizacji proponowanej metodyki

Problem zrównoważonego rozwoju transportu jest problemem złożonym. Modelowanie działania tak złożonego, wielowymiarowego układu za pomocą syntetycznego wskaźnika ma charakter interdyscyplinarny i jest związane z wykorzystaniem teorii i metod matematycznych z różnych dziedzin, od statystyki przez logikę, algebrę, do analizy funkcjonalnej [1, 2]. Badania w zakresie konstruowania i obliczania syntetycznych wskaźników zrównoważonego rozwoju transportu wymagają usystematyzowanej metodyki ich tworzenia, jak i praktycznych rozwiązań umożliwiających implementację efektywnych algorytmów obliczeniowych.

Proponowana metodyka dotyczy zastosowania procesów selekcji, wyboru, doboru, analogii, porównania, przeciwstawiania, oceny w odniesieniu do metod analizy i syntezy stosowanych przy tworzeniu i obliczaniu syntetycznych wskaźników zrównoważonego rozwoju, z wykorzystaniem opinii ekspertów i wyników przeprowadzonych ankiet. Praktyczna realizacja metodyki będzie miała znaczenie poznawcze, dydaktyczne, informacyjne oraz utylitarne.

W aspekcie poznawczym – to synteza wyrafinowanych metod analitycznych (na przykład Principal Component Analysis (PCA) [7, 8, 18], Data Envelopment Analysis (DEA) [6, 18], Analytical Hierarchy Process (AHP) [5, 18], Bayesian Theory [3, 4]), badania i oceny złożonych, wielowymiarowych układów o wielu wejściach i wielu wyjściach.

W aspekcie dydaktycznym – to opracowanie vademecum metod i ich zastosowań w konstruowaniu syntetycznych wskaźników zrównoważonego rozwoju transportu.

W aspekcie informacyjnym – to umożliwienie społeczeństwu zapoznanie się z wynikami przeprowadzonych analiz w zakresie oceny postępów w realizacji strategii zrównoważonego rozwoju transportu.

W aspekcie utylitarnym – to umożliwienie zespołom opracowującym materiały wspierające decydentów w podejmowaniu decyzji, samodzielne wykonanie analiz w zakresie syntetycznych wskaźników zrównoważonego rozwoju transportu.

Istotnym elementem proponowanej metodyki jest przeprowadzenie analizy odnośnie założeń, ograniczeń, zakresu stosowalności i dokładności stosowanych metod, przykładowo:

- Principal Component Analysis (PCA),
- Data Envelopment Analysis (DEA),
- Analytical Hierarchy Process (AHP),
- Bayesian Theory,

a także syntezy metod zapewniającej zgodność i koherencję (kompatybilność). W proponowanej metodyce, w procesie konstruowania syntetycznego wskaźnika jest modelowana niepewność aleatoryczna (ograniczona liczba danych) oraz niepewność epistemologiczna (niepełna wiedza).

Przeprowadzone zostaną badania oceny możliwości oraz zakresu strukturalnej i funkcjonalnej redukcji i dekompozycji w odniesieniu do syntetycznych wskaźników dotyczących modelowania zrównoważonego rozwoju transportu. Badaniom zostaną poddane zagadnienia semantyki i syntaktyki metodyki konstruowania syntetycznych wskaźników zrównoważonego rozwoju transportu.

2.2. Podstawowe założenia implementacji proponowanej metodyki

Wstępna weryfikacja modeli syntetycznych wskaźników zrównoważonego rozwoju transportu będzie prowadzona z wykorzystaniem symulacji komputerowych. W tym celu zaimplementowany zostanie system komputerowy realizujący wybrane algorytmy obliczania syntetycznych wskaźników. Ostateczna weryfikacja i walidacja metodyki konstruowania modeli syntetycznych wskaźników zrównoważonego rozwoju zostanie wykonana na bazie wyników przeprowadzonych czynnych i biernych eksperymentów, z wykorzystaniem informacji zawartych w bazach danych, bazach wiedzy oraz bazach dokumentów w dziedzinie transportu dostępnych w Internecie.

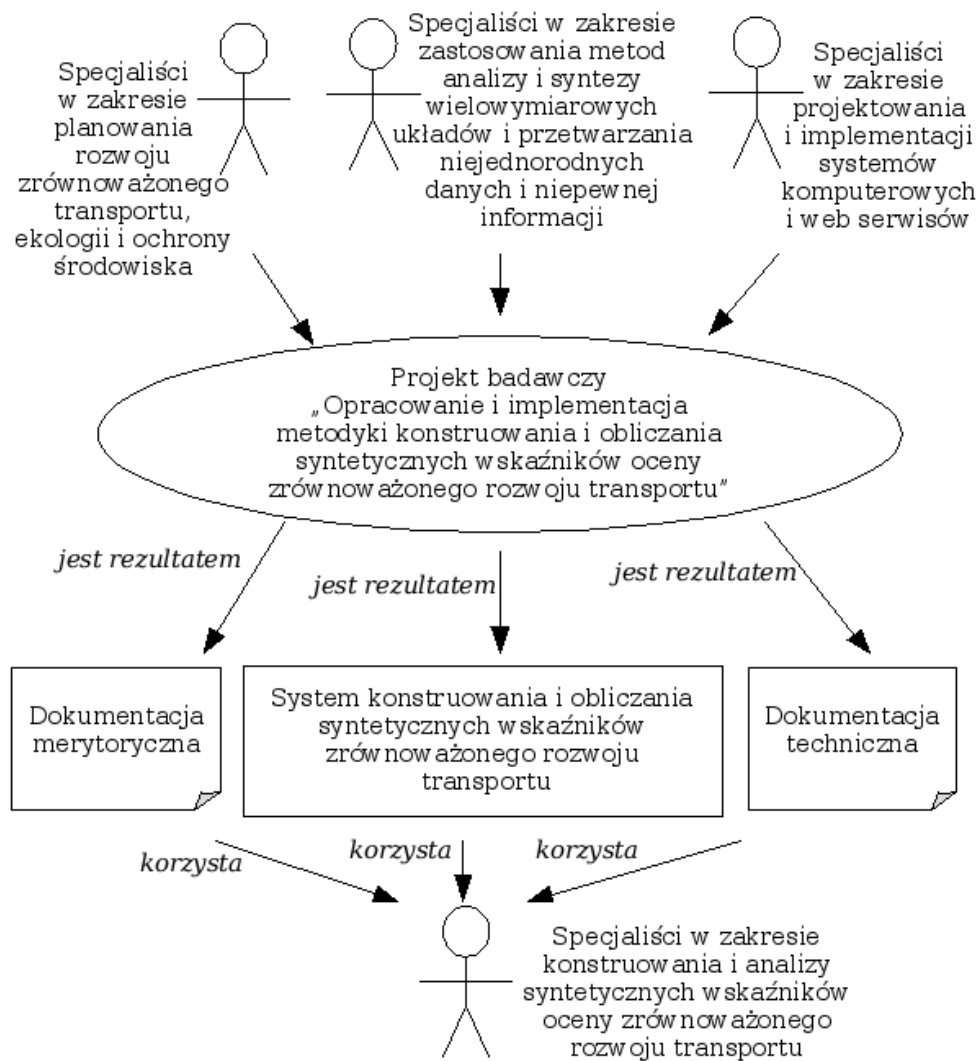
W procesie projektowania systemu komputerowego zostanie wykorzystany język formalny UML (Unified Modeling Language). Implementacja zostanie zrealizowana z wykorzystaniem technologii EJB (Enterprise JavaBeans). System będzie działał w ramach architektury zorientowanej na usługi SOA (Service Oriented Architecture) umożliwiającej użytkownikom Internetu wykonywanie obliczeń za pomocą implementowanego systemu. Zastosowane zostaną obowiązujące standardy, przyjęte przez World Wide Web Consortium (W3C), w tym:

- WSDL (Web Services Description Language) – język oparty na XML (Extensible Markup Language), służący do definiowania usług sieciowych,
- SOAP (Simple Object Access Protocol) – protokół wywoływania zdalnego dostępu do obiektów, wykorzystujący XML do kodowania wywołań,
- XML Schema – standard służący do definiowania struktury dokumentów XML.

W ramach systemu informatycznego służącego do konstruowania i obliczania syntetycznych wskaźników zrównoważonego rozwoju transportu zostaną zaimplementowane: serwer web serwisu (SOA) oraz serwer SaaS (Software as a Service).

Implementacja metodyki konstruowania syntetycznych wskaźników zrównoważonego rozwoju transportu oparta będzie na oprogramowaniu typu Open Source, w szczególności dostępnego na licencji GNU GPL (General Public Licence), które w projektach badawczych może być wykorzystywane bez uiszczania opłat licencyjnych. Decyzja o korzystaniu z oprogramowania na licencji GNU GPL jest zgodna z zaleceniami Unii Europejskiej w zakresie wolnego oprogramowania, a sama implementacja będzie również udostępniona na licencji GNU GPL.

Zaimplementowany prototyp systemu informatycznego w architekturze zorientowanej na usługi umożliwi praktyczną weryfikację opracowanej metodyki konstruowania syntetycznych wskaźników zrównoważonego rozwoju transportu. Schemat koncepcji struktury i relacji realizacji proponowanej metodyki przedstawiono na rysunku 1.



Rys.1. Schemat koncepcji struktury i relacji realizacji proponowanej metodyki konstruowania syntetycznych wskaźników zrównoważonego rozwoju transportu

3. PODSUMOWANIE

Intencją proponowanej metodyki jest włączenie polskiej myśli technicznej w rozwiązywanie problemów związanych ze zrównoważonym rozwojem transportu. W referacie przedstawiono wybrane zagadnienia metodyki konstruowania syntetycznych

wskaźników zrównoważonego rozwoju transportu. Temat „Opracowanie i implementacja metodyki konstruowania i obliczania syntetycznych wskaźników zrównoważonego rozwoju transportu” będzie realizowany jako projekt badawczy własny N N509 559240, finansowany przez Narodowe Centrum Nauki w latach 2011-2013.

W ramach projektu zostanie uruchomiona strona internetowa, na której będą dostępne w trakcie realizacji projektu aktualne wersje dokumentacji merytorycznej:

- vademecum metod, na przykład Principal Component Analysis (PCA), Data Envelopment Analysis (DEA), Analytical Hierarchy Process (AHP), Bayesian Theory,
- vademecum procedur wraz z opisem sposobu ich zastosowania w konstruowaniu syntetycznych wskaźników zrównoważonego rozwoju transportu,
- dokumentacja techniczna modeli syntetycznych wskaźników zrównoważonego rozwoju transportu,
- dokumentacja struktur danych (XML Schema).

Wytworzone w trakcie projektu oprogramowanie (zarówno serwer web serwisu, jak i serwer SaaS) będzie udostępnione w Internecie na licencji GNU GPL, co umożliwi ośrodkom badawczo-rozwojowym wykorzystanie tego oprogramowania w realizacji własnych projektów naukowych.

Publicznie dostępne struktury danych oraz modele konstruowania i obliczania syntetycznych wskaźników zrównoważonego rozwoju transportu, zdefiniowanych formalnie za pomocą XML Schema, umożliwią zainteresowanym samodzielną implementację zarówno klientów web serwisu, jak i serwera SaaS.

4. BIBLIOGRAFIA

- [1] Barczak A., Wnioskowanie abdukcyjne w procesie planowania strategii zrównoważonego rozwoju, Międzynarodowa Konferencja Naukowa TRANSPORT XXI WIEKU, Białowieża, 2010 (zatwierdzone do publikacji w czasopiśmie „Logistyka” oraz streszczenia w materiałach konferencyjnych).
- [2] Barczak A., Formalizacja subiektywnej niepewności, LogiTrans - VII Konferencja Naukowo-Techniczna - Logistyka, Systemy transportowe, Bezpieczeństwo w Transporcie, Logistyka, Nr 2/2010.
- [3] Barczak A., Subjective method in the risk-based inspection modelling, 14th School on Modal Analysis, Kraków, 2009.
- [4] Barczak A., Feature selection in the simple Bayes classifier for the fault detection, Selected problems of modal analysis of mechanical systems, ed. Tadeusz Uhl, Publishing House of the Institute for Sustainable Technologies - National Research Institute, Radom, 2009.
- [5] Barczak A., Czy wybrać outsourcing? - skorzystaj z AHP, Computer Systems Aided Science, Industry and Transport, 13th International Conference, Logistyka, Nr 6/2009.
- [6] Barczak A., Barczak P., Zastosowanie metody Data Envelopment Analysis (DEA) w procesie wyboru dostawców, Systemy Logistyczne, Teoria i Praktyka, IV Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna, Logistyka, Nr 2/2009.
- [7] Barczak A., Metoda analizy składników głównych w ocenie wyników eksperymentu, Pojazdy Szynowe 2008, XVIII Konferencja Naukowa, Katowice-Ustroń, 2008.
- [8] Barczak A., Error detection in the measured RFR using PCA and BOOTSTRAP methods, IV Międzynarodowy Kongres Diagnostyki Technicznej, Olsztyn, 2008.

- [9] Dobranskyte-Niskota A., Perujo A., Pregl M., Indicators to Assess Sustainability of Transport Activities - Part 1: Review of the Existing Transport Indicators Initiatives and Development of an Indicator Set to Assess Transport Sustainability Performance, JRC Scientific and Technical Reports, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, Ispra, 2007.
- [10] Gasparatos A., Embedded value systems in sustainability assessment tools and their implications, *Journal of Environmental Management*, No. 91, 2010.
- [11] Gitelman V., Doveh E., Hakkert Sh., Designing a composite indicator for road safety, *Safety Science*, No. 48, 2010.
- [12] Grupp H., Schubert T., Review and new evidence on composite innovation indicators for evaluating national performance, *Research Policy*, No. 39, 2010.
- [13] Gudmundsson H., Criteria and methods for indicator assessment and validation - a review of general and sustainable transport related indicator criteria and how to apply them, COST Actrion 356 - Background report on Criteria and methods for indicator assessment, 2010.
- [14] Hermans E., Van den Bossche F., Wets G., Combining road safety information in a performance index, *Accident Analysis and Prevention*, No. 40, 2008.
- [15] Litman T., Well measured: Developing Indicators for Comprehensive and Sustainable Transport Planning, Victoria Transport Policy Institute, 2009.
- [16] Mayer A. L., Strengths and weaknesses of common sustainability indices for multidimensional systems, *Environment International*, No. 34, 2008.
- [17] Niemeijer D., de Groot R., A conceptual framework for selecting environmental indicator sets, *Ecological Indicators*, No. 8, 2008.
- [18] OECD, Handbook on constructing composite indicators: Methodology and user guide, OECD 2008.
- [19] Saltelli A., Composite indicators between analysis and advocacy, *Social Indicators Research*, No. 81, 2007.
- [20] Singh R. K., Murty H. R., Gupta S. K., Dikshit A. K., An overview of sustainability assessment methodologies, *Ecological Indicators*, No. 9, 2009.
- [21] Zhou P., Ang B. W., Poh K. L., A mathematical programming approach to constructing composite indicators, *Ecological Economics*, No. 62, 2007.
- [22] Zhou P., Fan L.-W., Zhou D.-Q., Data aggregation in constructing composite indicators: A perspective of information loss, *Expert Systems with Applications*, No. 37, 2010.
- [23] Zhou P., Ang B. W., Zhou D. Q., Weighting and Aggregation in Composite Indicator Construction: a Multiplicative Optimization Approach, *Social Indicators Research*, No. 96, 2010.
- [24] Program Operacyjny: Infrastruktura i środowisko, Narodowe Strategiczne Ramy Odniesienia 2007--2013, Ministerstwo Rozwoju Regionalnego Rzeczypospolitej Polskiej, 2007.
- [25] Strategia zrównoważonego rozwoju Polski do roku 2025, Ministerstwo Środowiska Rzeczypospolitej Polskiej, 1999.
- [26] Strategia zrównoważonego rozwoju systemu transportowego Warszawy do 2015 roku i na lata kolejne, w tym: zrównoważony plan rozwoju transportu publicznego Warszawy, Załącznik nr 1 do uchwały nr LVIII/1749/2009 Rady m.st. Warszawy, 2009.

-
- [27] Wskaźniki zrównoważonego rozwoju, pod red. naukową Borys T., *Ekonomia i Środowisko*, 2005.
- [28] Wyzwania zrównoważonego rozwoju w Polsce, red. naukowa Kronenberg J., Bergier T., Fundacja Sendzimira, Kraków, 2010.