

ROMA STRULAK-WÓJCIKIEWICZ*

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

MAŁGORZATA ŁATUSZYŃSKA**

Uniwersytet Szczeciński

KOMPUTEROWE WSPOMAGANIE OCENY WPŁYWU ROZWOJU INFRASTRUKTURY TRANSPORTU NA ŚRODOWISKO

Wprowadzenie

Transport jest sektorem oferującym szeroki zakres usług dla obywateli zarówno z punktu widzenia ekonomicznego, jak i społecznego. Podobnie jak każda inna działalność gospodarcza, powoduje on określone efekty zewnętrzne¹ (ang. *externalities*). Odnoszą się one do sytuacji, gdy użytkownik transportu nie płaci wszystkich kosztów związanych z procesem transportowym (w tym kosztów ekologicznych, kongestii czy wypadków drogowych) albo nie otrzymuje pełnych korzyści z nim związanych². Lista zewnętrznych

* Adres e-mail: roma@zut.edu.pl.

** Adres e-mail: mlat@wneiz.pl.

¹ Pod pojęciem efektów zewnętrznych rozumie się uboczny skutek działalności danego podmiotu gospodarczego, którego konsekwencje (pozytywne bądź negatywne) ponosi szersze grono odbiorców niezależnie od swojej woli. Szerzej na temat efektów zewnętrznych transportu m.in. w: *L'impact environnemental des transports*, OCDE 2006, s. 47–65; B. Pawłowska, *Zewnętrzne koszty transportu – problem ekonomicznej wyceny*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2000; J.-P. Rodrigue, C. Comtois, B. Slack, *The Geography of Transport Systems*, Routledge, Nowy Jork 2009, s. 268–274.

² Zob. J. Wronka, *Koszty zewnętrzne transportu lądowego w Polsce*, w: *Wspólna Europa. Szanse i zagrożenia dla transportu*, Trans'95, Warszawa 1995, s. 319.

efektów transportu jest dość długa z uwagi na ścisły związek systemu transportowego z systemami: ekonomicznym, społecznym i ekologicznym³. System transportowy z jednej strony wpływa na funkcjonowanie pozostałych systemów określonego obszaru, z drugiej zaś – zadania przed nim stawiane są zdeterminowane potrzebami oraz zasobami owych systemów⁴. Wzajemne ząębienie się systemów widać chociażby na przykładzie zanieczyszczenia środowiska wywołanego przez transport, które wpływa jednocześnie na zdrowie ludzkie (problem społeczny) oraz na przykład na kwestie rolnictwa (problem gospodarczy)⁵.

Uwzględniając powiązania systemu transportowego z systemem ekonomicznym, społecznym i ekologicznym, efekty rozwoju infrastruktury transportu⁶ można podzielić na⁷:

- ekonomiczne (np.: skrócenie czasu przewozu, zmniejszenie kosztu przewozu; przesunięcia międzygałęziowe popytu; koszty budowy, utrzymania, eksploatacji i remontów infrastruktury; koszty eksploatacji środków transportu oraz przychody z opłat za korzystanie z infrastruktury);
- społeczno-ekonomiczne (np.: wzrost mobilności; wzrost aktywności ekonomicznej spowodowany wzrostem dostępności komunikacyjnej; redystrybucja zatrudnienia i dochodu między regionami i grupami społeczno-ekonomicznymi);
- w zakresie środowiska i bezpieczeństwa (np.: wpływ na zanieczyszczenie powietrza, gleby i wody, hałas, wibracje; wpływ na bezpieczeństwo ruchu; wpływ na zachowanie dziedzictwa kulturowego oraz florę i faunę).

³ System ekologiczny rozumiany jest tu jako system przyrodniczy oraz środowisko zamieszkania i działalności człowieka.

⁴ M. Łatuszyńska, *Modelowanie efektów rozwoju międzynarodowych korytarzy transportowych*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin 2004, s. 26.

⁵ Por. T. Borys, *Raport z realizacji ekspertyzy „Analiza istniejących danych statystycznych pod kątem ich użyteczności dla określenia poziomu zrównoważonego rozwoju transportu wraz z propozycją ich rozszerzenia”*, Jelenia Góra – Warszawa 2008, s. 9, <http://www.mi.gov.pl/files/0/1790638/Analizadanychstatystypodktemzrwnowaonegorozwtransportu2008.pdf>, 12.03.2011.

⁶ Definicje infrastruktury transportu przedstawiono między innymi w: K. Wojewódzka-Król, R. Rolbiecki, *Infrastruktura transportu*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2009, s. 11–16.

⁷ Por. T. Kamińska, M. Rusak, *Kryteria społeczno-ekonomiczne decyzji infrastrukturalnych w transporcie*, „Przegląd Komunikacyjny” 2000, nr 3, s. 16.

O ile jednak efekty ekonomiczne i społeczne rozwoju infrastruktury transportu są na ogół pozytywne, to wpływ na środowisko jest zdecydowanie negatywny. Wspólna polityka transportowa Unii Europejskiej od wielu lat skupia się na skutecznych instrumentach zmniejszania ekologicznej uciążliwości transportu. Jednym z ważniejszych działań było uchwalenie w 1985 roku dyrektywy 85/337/EWG⁸, w ramach której ustalono procedurę oceny wpływu różnych przedsięwzięć, w tym transportowych, na środowisko.

Ocena oddziaływania na środowisko (OOS) z racji swojej wieloetapowości wymaga stosowania różnych metod – do identyfikacji przez prognozowanie do oceny. Niektóre z nich są dość proste, inne zaś – bardzo złożone i tylko fragmentarycznie wspomagane narzędziami komputerowymi. Stanowi to spore utrudnienie przy dużej liczbie kryteriów i ich różnych implikacjach, które należy wziąć pod uwagę w ocenie oddziaływania inwestycji transportowych na środowisko. Często też stosowane metody nie pozwalają na ujęcie wielu czynników bądź są mało precyzyjne. Kolejny problem stanowi sposób integracji ocen wyznaczanych przez różnych ekspertów i przedstawienia ich w sposób zrozumiały dla wszystkich. Jest to ważne, gdyż w skład procedury OOS wchodzi konsultacje społeczne⁹ oraz obowiązek podania do publicznej wiadomości decyzji i zawartych w niej warunków¹⁰.

Głównym celem artykułu jest określenie możliwości i kierunków informatycznego wspomaganie oceny wpływu transportu na środowisko. Dla zrealizowania tego celu przedstawiono możliwe efekty rozwoju infrastruktury transportu występujące w środowisku, omówiono procedurę oceny oddziaływania na środowisko wraz z jej metodami oraz dokonano przeglądu dotychczas stosowanych w tym zakresie narzędzi komputerowych.

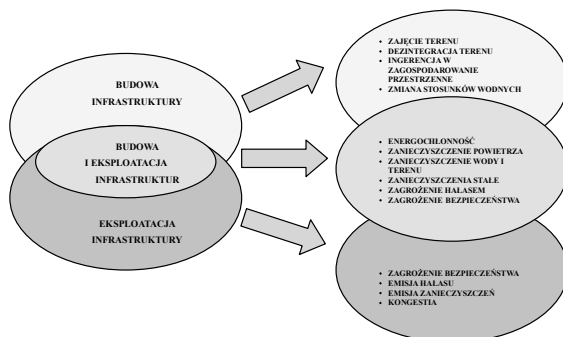
⁸ Dyrektywa 85/337/EWG z dnia 27 czerwca 1985 r. w sprawie skutków wywieranych przez niektóre przedsięwzięcia publiczne niepubliczne i prywatne dla środowiska, znowelizowana Dyrektywami Rady 97/11/WE i 2003/35/WE, tzw. dyrektywa EIA (ang. *Environmental Impact Assessment*), dyrektywa OOS.

⁹ *Ibidem*, art. 6 ust. 2–4.

¹⁰ *Ibidem*, art. 9 ust. 1.

1. Wpływ rozwoju infrastruktury transportu na środowisko

Efekty rozwoju infrastruktury transportu obserwowane w środowisku można podzielić na dwie grupy – pierwsza związana jest z infrastrukturą transportową (budowa i utrzymanie), druga zaś dotyczy jej użytkowania (rys. 1)¹¹.



Rys. 1. Wpływ infrastruktury transportu na środowisko

Źródło: opracowanie własne na podstawie: K. Wojewódzka-Król, *Infrastruktura transportu w świetle współczesnych wyzwań*, „Infrastruktura Transportu” 2008, nr 1, s. 12.

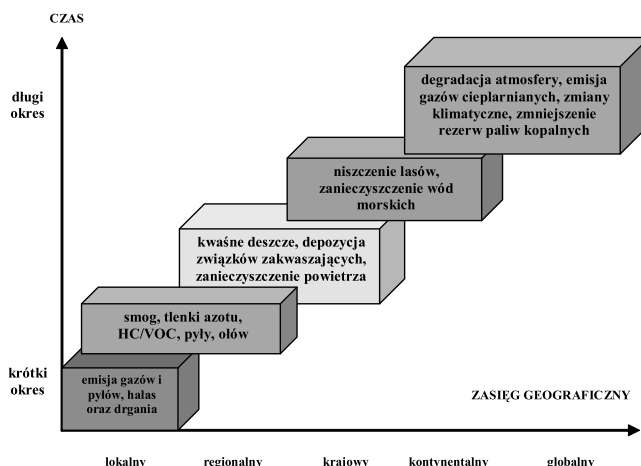
Rozwój infrastruktury transportowej zarówno punktowej, jak i liniowej uzależniony jest przede wszystkim od dostępności terenu pod jej budowę¹². Oznacza to naruszenie środowiska naturalnego i jego nieodwracalną zmianę – zajęcie terenu, jego dezintegrację, trwałą ingerencję w zagospodarowanie przestrzenne

¹¹ Taki podział efektów przedstawia B. Pawłowska, por. B. Pawłowska, *Zewnętrzne koszty transportu...*, s. 19. Inny podział prezentuje K. Wojewódzka-Król. Wyróżnia ona trzy rodzaje wpływu infrastruktury transportu na środowisko, tj.: socjoekonomiczny, fizyczny i wpływ na dziedzictwo narodowe, por. K. Wojewódzka-Król, R. Rolbiecki, *Infrastruktura...*, s. 41

¹² Na przykład w przypadku infrastruktury transportu drogowego każdy kilometr autostrady zajmuje powierzchnię 6–7 ha, a drogi ekspresowej 4–5 ha. Infrastruktura towarzysząca (miejsca obsługi podróżnych, parkingi, stacje benzynowe itp.) oraz węzły drogowe mogą zajmować dodatkowo kilkadziesiąt hektarów. Por. A.J. Badyda, *Zagrożenia środowiskowe ze strony transportu*, „Nauka” 2010, nr 4, s. 118, <http://www.portalwiedzy.pan.pl/images/stories/pliki/publikacje/nauka/2010/04/N410-15-Badyda.pdf>, 03.02.2011.

oraz możliwość zakłócenia dotychczasowych stosunków wodnych¹³. Ponadto budowa i użytkowanie infrastruktury transportowej wiąże się z poważnym zanieczyszczeniem powietrza atmosferycznego, wody i gleby oraz emisją hałasu. Działania te przyczyniają się też do zniekształcenia naturalnej rzeźby terenu oraz dewastacji szaty roślinnej. Oddziaływanie transportu stanowi zagrożenie dla środowiska przyrodniczego, wpływa niekorzystnie na żywe organizmy (w tym na człowieka), powodując zagrożenie dla ich zdrowia i życia¹⁴.

Negatywne dla środowiska skutki spowodowane rozwojem infrastruktury transportu są zróżnicowane nie tylko ze względu na ich rodzaj, ale też na czas trwania i zasięg geograficzny ich wpływu. W przejrzysty sposób zobrazowano to na rysunku 2.



Rys. 2. Czasowe i przestrzenne zróżnicowanie skutków zanieczyszczenia powietrza
 Źródło: opracowanie własne na podstawie: K. Buton, *Transport Economics*, Cambridge 1994, s. 104, za: K. Wojewódzka-Król, R. Rolbiecki, *Infrastruktura...*, s. 42.

¹³ Por. K. Wojewódzka-Król, *Infrastruktura transportu a środowisko*, „Przegląd Komunikacyjny” 1999, nr 9, s. 7.

¹⁴ Kwestią negatywnego wpływu infrastruktury transportu na środowisko naturalne zajmują się między innymi: K. Wojewódzka-Król, *Infrastruktura transportu...*; J. Gronowicz, *Ochrona środowiska w transporcie lądowym*, Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji, Poznań – Radom 2003; K. Juda-Rezler, *Oddziaływanie zanieczyszczeń powietrza na środowisko*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2000.

Można mówić o pośrednim i bezpośrednim wpływie transportu na środowisko. Z pośrednim mamy do czynienia wówczas, gdy zdegradowany element środowiska wykazuje swoją niszczącą aktywność nie tylko w czasie i w miejscu skażenia, natomiast bezpośredni wpływ oznacza natychmiastowe zanieczyszczenie czy zniekształcenie ekosystemu¹⁵.

Określając efekty rozwoju infrastruktury transportu w odniesieniu do środowiska, należy wziąć pod uwagę wzajemne powiązania poszczególnych elementów środowiska oraz oddziaływanie pośrednie i wtórne, wynikające z tych powiązań. W przypadku tych efektów może również wystąpić kumulacja związana z degradacją kilku elementów środowiska jednocześnie, ponieważ otaczające nas środowisko jest systemem szczególnie złożonym – z wieloma powiązaniem, wzajemnymi oddziaływaniami i sprzężeniami zwrotnymi¹⁶.

2. Metody oceny oddziaływania transportu na środowisko

Ocena oddziaływania na środowisko (OOS) to usystematyzowany sposób postępowania, polegający na interdyscyplinarnym identyfikowaniu i ocenie wpływu planowanych przedsięwzięć oraz ich alternatyw na określony obszar i zachodzące w nim procesy¹⁷. Istotą OOS jest określenie wpływu każdej inwestycji z uwzględnieniem wszystkich przyczyn i skutków oddziaływania na środowisko. Oceny te służą znalezieniu optymalnych rozwiązań, minimalizujących konflikty, jakie mogą zaistnieć w sferze społeczno-gospodarczo-przyrodniczej w wyniku planowanej inwestycji, oraz umożliwiają organowi administracji publicznej podjęcie decyzji odnośnie realizacji projektu. Przeprowadzana ocena powinna być kompleksowa, zawierać propozycje rozwiązań alternatywnych, mających na celu uniknięcie zagrożeń, a także

¹⁵ A. Hołuj, *Teoretyczne podstawy ochrony środowiska naturalnego w Polsce*, Wyższa Szkoła Ekonomiczna w Bochni, Zeszyty naukowe 2006, nr 4, s. 34, <http://www.wse.bochnia.pl/zn/4-4.pdf>, 03.02.2011.

¹⁶ M. Tracz, J. Bohatkiewicz, *Postępowanie w sprawie ocen oddziaływania na środowisko*, GDDKiA, Warszawa 2001, za: *Podręcznik dobrych praktyk wykonywania opracowań środowiskowych dla dróg krajowych*, Biuro Ekspertyz i Projektów Budownictwa Komunalnego „EKKOM”, Kraków 2008, s. 49, <http://www.oos.pl/pliki/File/Podrecznik.pdf>, 21.02.2011.

¹⁷ W. Adamczyk, *Ekologia wyrobów – jakość, cykl życia, projektowanie*, Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2004, s. 40.

uwzględniać analizę lokalnych i globalnych skutków, nieodwracalnych zmian oraz krótkotrwałych i długookresowych oddziaływań¹⁸.

Dokonywanie oceny oddziaływania na środowisko ze względu na różnorodność skutków wymaga stosowania wielu bardzo zróżnicowanych i często specyficznych metod oceny stanu zagrożenia poszczególnych elementów środowiska. Wśród stosowanych metod należy wyróżnić¹⁹:

- standardowe, takie jak: metody sieciowe, lista kontrolna, macierz Leopolda;
- specyficzne – opracowywane na potrzeby konkretnej oceny;
- opisowe – dotyczące przedstawienia stanu środowiska, na przykład: waldacja, inwentaryzacja;
- gromadzenia, weryfikacji i przetwarzania informacji, takie jak: macierze oddziaływań, listy kontrolne, sieci przyczynowo-skutkowe;
- prognostyczne – służące przewidywaniu zjawisk, oparte na symulacji (modele symulacyjne) i metodach statystycznych²⁰.

Wśród metod sporządzania łącznych ocen należy wskazać²¹: listy kontrolne, metody histogramów, metody mapowe, sieciowe, wielocechową teorię użyteczności MAUT (ang. *Multi-Attribute Utility Theory*), metody wielokryterialnego wspomaganie, na przykład metoda analizy H=hierarchii zwana również metodą analitycznego procesu hierarchicznego (AHP – ang. *Analytic Hierarchy Process*)²² oraz jej udoskonalona forma – metoda analitycznego procesu sieciowego (ANP – ang. *Analytic Network Process*)²³, metody wskaźnikowe (indeksacyjne) oraz metody analizy kosztów i korzyści.

Decyzję o wyborze danej metody lub metod podejmują eksperci przygotowujący dokumentację, pracujący na zlecenie inwestora danego projektu. Oceny wykonywane są przez specjalistów, którzy reprezentują różne dyscy-

¹⁸ *Ibidem*, s. 43.

¹⁹ *Ibidem*, s. 46.

²⁰ T. Parteka, *Metodologiczne aspekty ocen oddziaływania autostrad na środowisko*, w: *Poradnik przeprowadzania ocen oddziaływania na środowisko*, red. W. Lenart, A. Tyszecki, Eko-Konsult, Gdańsk 1998, s. 259.

²¹ Por. *Podręcznik dobrych praktyk...*, s. 157–165.

²² H. Brozova, M. Ruzicka, *The Assessment of Environmental Impacts of Transport Using ANP*, Press 2010, s. 56–60, <http://www.wseas.us/e-library/conferences/2010/Tunisia/MAMECTIS/MAMECTIS-08.pdf>, 22.03.2011.

²³ H. Brozova, M. Ruzicka, *The AHP and ANP Models for Transport Environmental Impacts Assessment*, Wseas Transactions on Power Systems, lipiec 2010, s. 233–242, <http://www.wseas.us/e-library/transactions/power/2010/89-877.pdf>, 23.03.2011.

pliny naukowe. Inni specjaliści badają wpływ zanieczyszczeń na powietrze atmosferyczne, inni na wody powierzchniowe i podziemne oraz gleby, jeszcze inni na klimat akustyczny, na obszary przyrodnicze itd. Ponadto każdy ze specjalistów posługuje się odrębnymi narzędziami badawczymi, już istniejącymi bądź tworzonymi specjalnie do celów danego badania. Wybór metod zależy również od etapu przygotowania dokumentacji, rodzaju przedsięwzięcia i sposobów wariantowania (ze względu na zróżnicowane liczby danych niezbędnych w danej metodzie).

3. Komputerowe wspomaganie oceny wpływu infrastruktury transportu na środowisko

Podczas sporządzania procedury OOS²⁴ wykorzystywane są zarówno metody jakościowe określane mianem *metod intuicyjnych*, jak i metody ilościowe, zawierające wskaźniki liczbowe²⁴. Informatyczne wspomaganie ocen oddziaływania inwestycji transportowych na środowisko odbywa się najczęściej na etapie prognozowania wpływu danego przedsięwzięcia na środowisko i dotyczy analiz ilościowych.

W tabeli 1 zestawiono przykładowe narzędzia komputerowego wspomaganie oceny danego efektu (emisja zanieczyszczeń, hałas itp.) na określony element środowiska (powietrze atmosferyczne, wody, gleby, klimat akustyczny itp.). Wymienione w tabeli 1 przykładowe programy i pakiety komputerowe do wspomaganie oceny wpływu infrastruktury transportu na określone elementy środowiska zostały zastosowane w praktyce, o czym donoszą dostępne w Internecie dokumenty i raporty²⁵.

²⁴ Por. Obršalová I., Pešta J., *Ocena Oddziaływania na Środowisko (OOS)*, w: *Międzynarodowe zarządzanie środowiskiem, Tom II: Instrumenty i systemy zarządzania*, red. Kramer M., Brauweiler J., Nowak Z., Wydawnictwo C.H. Beck 2005, s. 45–46.

²⁵ Przykładowo: *Raport w zakresie ochrony powietrza atmosferycznego przed zanieczyszczeniami*. Załącznik do Raportu o oddziaływaniu przedsięwzięcia na środowisko – Budowa obwodnic m. Konstancin–Jeziorna i m. Góra Kalwaria w ciągu drogi wojewódzkiej nr 724 – wykonany przez firmę „proGEO” Sp. z o.o. z Wrocławia, 2008 r., http://www.siskom.waw.pl/dw/724/powietrze_tekst.pdf, 25.03.2011.

Tabela 1

Zestawienie efektów i narzędzi komputerowego wspomagania oceny wpływu infrastruktury transportu na środowisko

Efekty Narzędzia	Zajęcie i dezintegracja terenu (np. wpływ na krajobraz, florę i faunę)	Emisja zanieczyszczeń		Emisja hałasu	Bezpieczeństwo ruchu
		Do powietrza	Do wód i gleb		
1	2	3	4	5	6
CALINE 3 ²⁶	–	+	–	–	–
COPERT III ²⁷	–	+	–	–	–
COPERT IV ²⁸	–	+	–	–	–
OpaCal3m ²⁹	–	+	–	–	–
Pakiet OPERAT FB dla Windows ³⁰	–	+	–	–	–
Moduł SAMOCHODY pakietu OPERAT-FB	–	+	–	–	–
EK100W ³¹	–	+	–	–	–
AERO 2010 ³²	–	+	–	–	–
INFRAS ³³	–	+	–	–	–

²⁶ Bazy danych modeli i narzędzi do prognozy wpływu zanieczyszczeń na powietrze atmosferyczne: US EPA – Environmental Protection Agency – Technology Transfer Network Support Center for Regulatory Atmospheric Modeling, Preferred/Recommended Models – http://www.epa.gov/scram001/dispersion_prefrec.htm#caline3 [11.03.2011.], NASA's Global Change Master Directory (GCMD) – Data Services – Models – Atmospheric Chemistry Models – http://gcmd.nasa.gov/records/CALINE3_Model.html [11.03.2011].

²⁷ *Metoda prognozowania emisji zanieczyszczeń powietrza od pojazdów – model i program komputerowy COPERT III*, red. J. Bohatkiewicz, Biuro Ekspertyz i Projektów Budownictwa Komunikacyjnego, Kraków 2008 r., http://edroga.pl/images/stories/os_procedury/copert_iii/copert_iii.pdf, 11.03.2011.

²⁸ <http://www.environmenttools.co.uk/directory/tool/name/copert-4/id/179>, 11.03.2011.

²⁹ <http://www.eko-soft.com.pl/opacal.htm>, 11.03.2011.

³⁰ http://www.proeko-rs.pl/Operat_FB.html, 11.03.2011.

³¹ http://cms.atmoterm.pl/pl/oprogramowanie/biura_projektowe/ek100w/, 11.03.2011.

³² <http://www.soft-p.com.pl/aero.html>, 12.03.2011.

³³ R. Joumard, *Methods of estimation of atmospheric emissions from transport: European scientist network and scientific state-of-the-art action COST 319 final report*, 1999, s. 73, <http://www.alpnap.org/C319finalreport.pdf>, 15.03.2011.

1	2	3	4	5	6
EDMS, ALAQS, ADMS ³⁴	–	+	–	–	–
NMPB-Routes 96 ³⁵	–	–	–	+	–
RMR (SRM II) ³⁶	–	–	–	+	–
ECAC.CEAC ³⁷	–	–	–	+	–
SoundPLAN ³⁸	–	+	–	+	–
SON2 ³⁹	–	–	–	+	–
IMM ⁴⁰	–	+	–	+	–
VISUM ⁴¹	–	+	–	–	+
Vissim ⁴²	–	–	–	–	+
Systemy Informacji Geograficznej (GIS) ⁴³	+	+	+	+	+

Źródło: opracowanie własne.

Istnieje więcej narzędzi wspomagających OOS, ale ze względu na to, że zostały one stworzone na potrzeby konkretnych projektów, nie ujęto ich w tabeli 1. Służą one przede wszystkim na przykład do szacowania: stopnia

³⁴ M. Jeż, *Ekologiczne problemy portu lotniczego*, Prace Instytutu Lotnictwa 2010, nr 4 (206), s. 59–71.

³⁵ Dyrektywa 2002/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 25 czerwca 2002 r. odnosząca się do oceny i zarządzania poziomem hałasu w środowisku...

³⁶ http://manhaz.cyf.gov.pl/manhaz/ETAP_2/V_PRACA%20HALAS_CIOP_final.htm, 18.03.2011.

³⁷ Dyrektywa 2002/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 25 czerwca 2002 r. odnosząca się do oceny i zarządzania poziomem hałasu w środowisku...

³⁸ <http://www.soundplan.eu/start.php?kat=1&ukat1=20&>, 22.03.2011; http://www.pcplus.com.pl/05_soundplan.htm, 22.03.2011.

³⁹ <http://www.eko-soft.com.pl/opacal.htm>, 11.03.2011.

⁴⁰ <http://www.woelfel.de/en/products/modelling-software.html>, 18.03.2011.

⁴¹ T. Dybicz, *Pakiet oprogramowania Visum jako narzędzie do modelowania ruchu transportu publicznego w Warszawie*, http://www.transeko.pl/publik/Modelowanie_ruchu.pdf, 16.04.2011.

⁴² <http://www.altum.krakow.pl/proj.html>, 16.04.2011.

⁴³ Szerzej na ten temat GIS i jego zastosowaniu w: L. Brzozowska, K. Brzozowski, Ł. Drąg, *System informacji przestrzennej jako integrator systemu komputerowego do oceny jakości powietrza*, „*Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstwa*” 2009, nr 5 (712), s. 118–126.

zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego⁴⁴, hałasu⁴⁵, bezpieczeństwa ruchu przy użyciu modeli ruchu⁴⁶, rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w wodzie⁴⁷ itp. Wiele informacji na ten temat można również znaleźć w bazach danych stworzonych z myślą o ochronie środowiska i w wyniku różnych projektów badawczych⁴⁸.

Podsumowanie

Jak już wspomniano, proces przeprowadzania oceny oddziaływania na środowisko ze względu na różnorodność skutków wymaga stosowania wielu zróżnicowanych i często specyficznych metod diagnozowania stanu zagrożenia poszczególnych elementów środowiska. Sposób podejścia do badania zależy również od rodzaju danego przedsięwzięcia, na przykład od tego, czy jest to budowa drogi, lotniska, czy linii kolejowej. Badania dotyczące

⁴⁴ Dane o modelach i programach komputerowych pochodzą głównie z raportów europejskich projektów badawczych, np.: CORINAIR, MEET, COST 319, COST 732, oraz baz danych modeli i narzędzi do prognozy wpływu zanieczyszczeń na powietrze atmosferyczne: np.: baza US EPA – Environmental Protection Agency – Technology Transfer Network Support Center for Regulatory Atmospheric Modeling, Preferred/Recommended Models, http://www.epa.gov/ttn/scram/dispersion_prefrec.htm, 11.03.2011; Environment Tools Directory – database of environmental software tools, <http://www.environmenttools.co.uk/directory/tool/name/copert-4/id/179>, 11.03.2011 oraz z literatury przedmiotu, np. K. Brzozowski, *Mikroskalowe modele emisji i dyspersji zanieczyszczeń samochodowych*, Zeszyty Naukowe ATH, Seria Rozprawy Naukowe 2006, nr 18.

⁴⁵ Np. http://manhaz.cyf.gov.pl/manhaz/ETAP_2/V_PRACA%20HALAS_CIOP_final.htm, 18.03.2011; <http://www.halas.wortale.net/183-ZALACZNIK-II---METODY-OCENY.html>, 20.03.2011.

⁴⁶ Przykładowo: I. Celiński, R. Żochowska, A. Sobota, *Metoda podziału obszaru na rejony komunikacyjne na przykładzie Konurbacji Górnośląskiej*, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej z.70, „Transport” 2009, s. 21–32.

⁴⁷ M. Borysiewicz, W. Kacprzyk, J. Żurek, *Poradnik zintegrowanych ocen ryzyka i zarządzania zagrożeniami w obszarach przemysłowych*, Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa 2001, s. 93–115.

⁴⁸ Przykładowe bazy danych to: ESS GmbH – Environmental Software and Services GmbH Austria: Environmental Technology, Research & Development, <http://www.ess.co.at/docs/company.html>, 02.03.2011; National Environmental Methods Index (NEMI), <https://www.nemi.gov/apex/f?p=237:1:2416216056066492>, 02.03.2011; Transactional Environmental Support System (TESS), http://www.tess-project.eu/pl_index.shtml, 02.03.2011; Environmental Protection Agency – Science & Technology (US EPA), <http://www.epa.gov/gateway/science>, 02.03.2011.

wpływu infrastruktury transportu na dany element środowiska wykonywane są przez różnych specjalistów z danej dziedziny naukowej, najczęściej jako odrębne ekspertyzy, w których nie bierze się pod uwagę zależności pomiędzy poszczególnymi badanymi elementami środowiska. Dodatkowe komplikacje wynikają z konieczności jednoczesnego uwzględniania w ocenie projektów dotyczących rozwoju infrastruktury transportu takich aspektów, jak⁴⁹:

- zasięg przestrzenny efektów projektu;
- długi termin realizacji, a następnie eksploatacji planowanej infrastruktury⁵⁰;
- konieczność ujęcia wielu gałęzi transportu zarówno dla transportu towarowego, jak i pasażerskiego⁵¹;
- wielorakość skutków;
- czynnik niepewności.

Narzędzia komputerowe mogą w znacznej mierze wspomóc analizę i ocenę wpływu inwestycji w infrastrukturę transportu, lecz zwykle dotyczą tylko jednego czy dwóch efektów (por. tab. 1) lub, jak w przypadku GIS, nie pozwalają na ukazanie tych efektów na osi czasu, co jest bardzo ważne w przypadku kumulacji skutków w czasie. Istnieje zatem potrzeba opracowania takiego narzędzia dla OOS, które pozwalałoby na jednoczesne rozpatrzenie wszystkich wymienionych wyżej kwestii. Narzędzie to powinno dawać następujące możliwości:

- dostarczania kompleksowych informacji dotyczących wszystkich przewidywanych efektów w ujęciu przestrzennym – innymi słowy powinny być kompletne (całościowe)⁵²;
- opisanie z właściwą szczegółowością wszystkich rozpatrywanych w danym projekcie gałęzi transportu (odpowiedni stopień dezagregacji);
- odzwierciedlenia wtórnych efektów wynikających z wewnętrznej dynamiki badanego układu, jakim jest system transportowy w powiązaniu ze środowiskiem.

⁴⁹ M. Łatuszyńska, *Modelowanie rozwoju... korytarzy transportowych*, s. 123.

⁵⁰ Żywotność infrastruktury sięga niejednokrotnie 100 lat, *Rozwój infrastruktury transportu*, red. K. Wojewódzka-Król, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 1999, s. 20.

⁵¹ Dla uzyskania wiarygodnych ocen zalecane jest dokonanie szczegółowej segmentacji obu rodzajów transportu (różne grupy ładunkowe w przypadku transportu towarowego i różne cele podróży w przypadku transportu pasażerskiego).

⁵² Postulat kompleksowości jest szczególnie dobitnie wyrażony w: S. Leleur, J. Kronbak, O.A. Nielsen, C. Rehfeld, E. Bulman, L. Giorgi, Ch. Reynaud, J. Viegas, J. Räsänen, S. Maffi, *CODE-TEN Deliverable D1. Baseline Methodology*, ICCR, Wiedeń 1998, s. 60.

Narzędziem komputerowym, które dałoby takie możliwości, jest, według autorki, system informatyczny oparty na modelu symulacyjnym. Ważną kwestią jest dobór szczegółowej techniki formalizacji owego modelu, która pozwoliłaby na zbudowanie kompleksowego, dynamicznego i spójnego modelu do badania wpływu rozwoju infrastruktury na środowisko. Na podstawie literatury przedmiotu można sformułować hipotezę, że dobrą metodą jest w tym kontekście metoda symulacji ciągłej – dynamika systemowa rozwinięta przez J.W. Forrester'a i jego współpracowników z Massachusetts Institute of Technology⁵³. Założenia takiego systemu są aktualnie opracowywane.

COMPUTER AIDED ASSESSMENT OF THE IMPACT OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT ON THE ENVIRONMENT

Summary

The main objective of this article is to present the possibilities and directions of computer support assessment of the impact of transport on the environment. To achieve this goal discusses the consequences of the development of transport infrastructure, presents methods for assessing its impact on the environment and a review of previously used computer tools in this field.

Keywords: transportation, environment, computer support

Translated by Roma Strulak-Wójcikiewicz

⁵³ J.W. Forrester, *Industrial Dynamics*, The MIT Press and Wiley, Nowy Jork 1961.

