

Arkadiusz Barczak  
Politechnika Poznańska, Instytut Silników Spalinowych i Transportu

## WNIOSKOWANIE ABDUKCYJNE W PROCESIE PLANOWANIA STRATEGII ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono tezę o celowości zastosowania wnioskowania abdukcyjnego w procesie planowania strategii zrównoważonego rozwoju. Podkreślono, że złożoność problematyki planowania przyszłości wymaga zastosowania niemonotonicznej metody wnioskowania, umożliwiającej znajdowanie przyczyn założonych (lub znanych) skutków. Wskazano, że systemy abdukcyjnego programowania logicznego stanowią odpowiednie narzędzie w badaniach procesu planowania zrównoważonego rozwoju.

**Słowa kluczowe:** abdukcja, zrównoważony rozwój, planowanie przyszłości

### 1. PROBLEMATYKA ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU

Definicja rozwoju zrównoważonego (ang. *sustainable development*), zdecydowanie różni się od czysto ekonomicznej definicji zrównoważonego wzrostu gospodarczego. Definicja zrównoważonego rozwoju została wprowadzona po raz pierwszy w raporcie Komisji Brundtland zatytułowanym "Nasza Wspólna Przyszłość" [10], a następnie powtórzona w "Agendzie 21", przyjętej na II Konferencji w Rio de Janeiro.

W raporcie Komisji Brundtland, pojęcie *sustainable development* zdefiniowano jako prawo do zaspokojenia aspiracji rozwojowych obecnej generacji bez ograniczania praw przyszłych pokoleń do zaspokojenia ich potrzeb rozwojowych. Definicja ta wskazuje, że rozwój gospodarczy i cywilizacyjny obecnego pokolenia nie powinien odbywać się kosztem wyczerpywania zasobów nieodnawialnych i niszczenia środowiska – dla dobra przyszłych pokoleń, które też muszą posiadać prawo do swego rozwoju.

Realizacja zasad zrównoważonego rozwoju wymaga udziału świadomego i dobrze wyedukowanego społeczeństwa. Dlatego też, nadrzędnymi zasadami tworzącymi warunki dla skutecznego osiągnięcia zrównoważonego rozwoju są:

- - stałe i konsekwentne podnoszenie poziomu świadomości społecznej,
- - zwiększanie dostępu społeczeństwa do informacji oraz zwiększanie udziału społeczeństwa w podejmowaniu decyzji,

- - ułatwianie dostępu do organów sprawiedliwości w sprawach dotyczących tego rozwoju i korzystania ze środowiska,
- - konsekwentna edukacja ekologiczna,
- - rozwój nauki i techniki.

Rekomendowane działania na rzecz zrównoważonego rozwoju dotyczą trzech wymiarów: społecznego, ekonomicznego oraz ekologicznego.

W wymiarze społecznym zdefiniowanych zostało 9 działań. Przykładowym działaniem jest zapewnienie gwarancji ochrony przed oddziaływaniem szkodliwym dla zdrowia i życia, a przede wszystkim przed toksycznym oddziaływaniem zanieczyszczeń spowodowanych działalnością gospodarczą, przed hałasem i wibracją, promieniowaniem jonizującym i niejonizującym, przed skutkami zastosowań organizmów genetycznie modyfikowanych, ale też ochrony przed przestępczością.

W wymiarze ekonomicznym zdefiniowanych zostało 11 działań. Przykładowym działaniem jest usprawnienie środków łączności i przepływu informacji, oparcie procesów decyzyjnych o właściwą informację i analizę korzyści i kosztów, w tym kosztów ekologicznych i społecznych, uspołecznienie procesów decyzyjnych.

W wymiarze ekologicznym zdefiniowanych zostało 11 działań. Przykładowym działaniem jest zapewnienie gwarancji, że działalność proekologiczna, w tym wykorzystanie odnawialnych zasobów energetycznych i recykling surowców, stanie się konkurencyjna na rynku poprzez właściwą politykę finansową i fiskalną, wprowadzającą internalizację kosztów zewnętrznych ochrony zdrowia i środowiska do ceny rynkowej produktów.

Instrumenty wdrażania zrównoważonego rozwoju to:

- zmiany instytucjonalne i zarządzanie procesem,
- mechanizmy ekonomiczne,
- mechanizmy, instytucje i środki finansowania,
- prawne uwarunkowania zrównoważonego rozwoju,
- edukacja na wszystkich poziomach,
- rozwój nauki i transfer technologii,
- informacja o procesach decyzyjnych,
- zarządzanie poprzez środowisko i zintegrowany system pozwoleń,
- współpraca międzynarodowa,
- wskaźniki zrównoważonego rozwoju,
- planowanie i monitoring realizacji.

Z powyższych rozważań, założeń i rekomendacji wynika jednoznacznie, że zrównoważony rozwój jest procesem ciągłym, poddawanym wpływowi nieznanymi i niemożliwych obecnie do przewidzenia zmian warunków zarówno wewnętrznych, jak i zewnętrznych, a także, że zrównoważony rozwój dotyczy złożonego systemu, w którym wiodącą rolę odgrywają aspekty ekonomiczne, społeczne oraz ekologiczne.

System złożony to system, w którym występuje mnogość interakcji między różnymi komponentami, oraz który ciągle ewoluuje i rozwija się. Taki system jest bardzo wrażliwy na warunki początkowe lub nawet niewielkie zakłócenia, a liczba niezależnych interakcji komponentów jest na tyle duża, że występuje ogromna mnogość możliwych ścieżek rozwojowych takiego systemu.

Każdy system, dla którego definiuje się strategię zrównoważonego rozwoju jest systemem złożonym. Złożoność takiego systemu uwarunkowana jest dodatkowo tym, że elementy systemu (jednostki, grupy, formalne i nieformalne organizacje) są autonomiczne w swoich działaniach, co implikuje nieprzewidywalność systemu jako całości. Ponadto, w badaniach złożonych systemów ekonomiczno-społeczno-ekologicznych niemożliwe jest prowadzenie eksperymentów w klasycznym znaczeniu.

## 2. WNIOSKOWANIE ABDUKCYJNE W PLANOWANIU PRZYSZŁOŚCI

Strategia zrównoważonego rozwoju interpretowana jest głównie jako badania dotyczące przewidywania przyszłości. Trzy najczęściej reprezentowane podejścia to przewidywanie ekstrapolacyjne, przewidywanie na bazie modeli teoretycznych oraz przewidywanie na podstawie opinii i ocen ekspertów [4]. Zestawienie tych podejść wraz z rodzajami danych wejściowych, przykładami technik przewidywania przyszłości oraz stosowanymi metodami przedstawiono w Tablicy 1.

Tablica 1.

**Zestawienie wybranych podejść w przewidywaniu przyszłości**

<b>Podejście</b>	<b>Dane wejściowe</b>	<b>Stosowane techniki</b>	<b>Metoda</b>
Przewidywanie ekstrapolacyjne	Eksploracja trendu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Klasyczna analiza szeregów czasowych</li> <li>• Estymacja trendu liniowego</li> <li>• Wagi eksponentialne</li> <li>• Transformacja danych</li> <li>• Metody katastrof</li> </ul>	Projekcje
Przewidywanie na bazie modeli teoretycznych	Teoria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teoria przekształceń</li> <li>• Modelowanie przyczynowe</li> <li>• Analiza regresyjna</li> <li>• Estymacja punktowa i przedziałowa</li> <li>• Analiza korelacyjna</li> </ul>	Prognozowanie
Przewidywanie na podstawie opinii i ocen ekspertów	Ocena lub/i opinia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metoda Delphi</li> <li>• Metoda burzy mózgów</li> <li>• Metoda tworzenia „mapy drogowej”</li> <li>• Metody tworzenia scenariuszy</li> <li>• Szacowanie wykonalności</li> </ul>	Domysł lub/i przypuszczenie

W literaturze dotyczącej strategii zrównoważonego rozwoju podawanych jest wiele maksym, wskazówek oraz zaleceń odnośnie związków między przeszłością, teraźniejszością a przewidywaną przyszłością [1,4,5], na przykład:

- a) Przyszłość (w odróżnieniu od przeszłości) jest kształtowana przez człowieka poprzez jego wybory i działanie.
- b) Przewidywanie jest z reguły trudne, a szczególnie, gdy dotyczą przyszłości w dłuższym horyzoncie czasowym.
- c) Możliwe są różne scenariusze dla przewidywanej przyszłości.
- d) Założenie ciągłości rozwoju nie jest prawdziwe.
- e) Ekstrapolacja przyszłości jest z założenia nieściśła.
- f) Hipoteza racjonalnego zachowania niekoniecznie jest prawdziwa.
- g) Przyjęcie uniwersalności postępowania człowieka niezależnie od przestrzennych i czasowych uwarunkowań jest dyskusyjne.

Od początku rozważań naukowych dotyczących przyszłości i jej przewidywania, badania te traktowane są jako badania interdyscyplinarne. Pomimo znacznego postępu w zakresie teorii, metodologii oraz zastosowań, debata na temat przewidywania przyszłości często traktowana jest bardziej jako „sztuka”, niż jako nauka. W badaniach odnośnie przewidywania przyszłości zasadniczo stosowane jest podejście sformalizowane, którego celem jest wykrycie i ustalenie związków między przeszłością i teraźniejszością, a przewidywaną przyszłością. W podejściu tym zakłada się, że znane są modele identyfikowane na podstawie związków między przeszłością a teraźniejszością. W drugim typie podejścia zakłada się, że przyszłość uzależniona jest od pro-aktywnych przewidywań i działań człowieka. Podejścia te zinterpretowano jako [7]:

- wyjaśniająco-predykcyjne (podejście tradycyjne) – interpretowane jako zagadnienie analizy,
- proaktywno-kreatywne (podejście perspektywiczne) – interpretowane jako zagadnienie syntezy.

W obu tych podejściach istotnym elementem przewidywania przyszłości jest poszukiwanie odpowiedzi na następujące pytania:

- Co jest niewykluczone (*possible*)?
- Co jest możliwe (*plausible*)?
- Co jest prawdopodobne (*probable*)?

W badaniach dotyczących przewidywania przyszłości powszechne zastosowanie znalazły modele relacyjne oraz funkcjonalne (Tablica 1). Istotnym elementem procesu przewidywania przyszłości jest uwzględnienie jego struktury logicznej. Spojrzenie na proces przewidywania przyszłości przez pryzmat wnioskowania dedukcyjnego, wnioskowania indukcyjnego oraz wnioskowania abdukcyjnego, stanowi interesującą perspektywę, poszerzającą możliwości poznawcze. Istotne aspekty wnioskowania indukcyjnego, wnioskowania dedukcyjnego oraz wnioskowania abdukcyjnego zebrano w Tablicy 2.

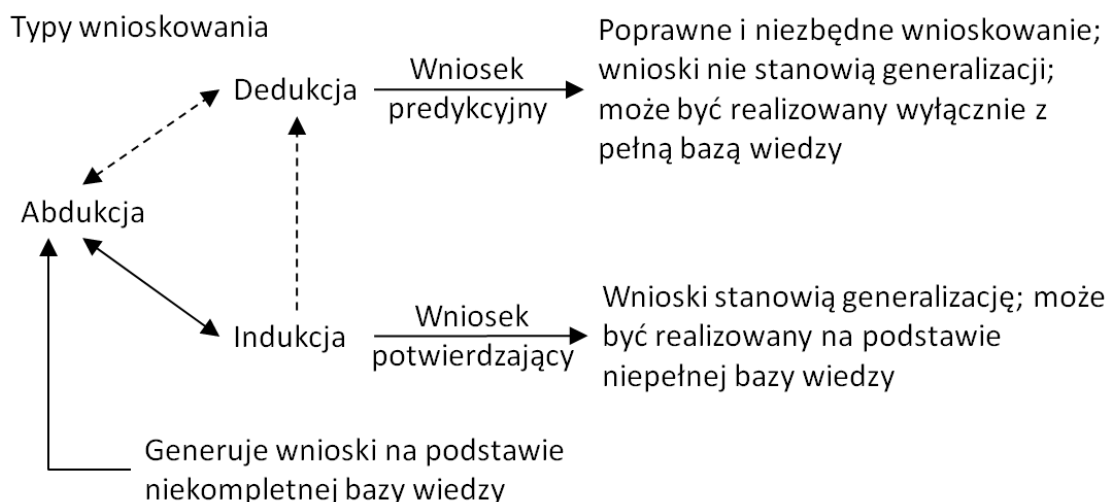
Tablica 2.

**Charakterystyka wnioskowania indukcyjnego, wnioskowania dedukcyjnego oraz wnioskowania abdukcyjnego**

	<b>Punkt wyjścia</b>	<b>Cel</b>	<b>Konkluzja</b>
<b>Wnioskowanie abdukcyjne</b>	Obserwacje empiryczne (wyjątki od teorii)	Osiągnięcie nowego zrozumienia	Sugestie, co do kierunków na przyszłość
<b>Wnioskowanie indukcyjne</b>	Obserwacje empiryczne (brak teorii)	Stworzenie teorii	Generalizacja
<b>Wnioskowanie dedukcyjne</b>	Struktury teoretyczne	Testowanie i ewaluacja teorii	Potwierdzenie lub zaprzeczenie teorii

Abdukcja jest metodą wnioskowania, której celem, w przypadku szukania przyczyn, jest generowanie zbioru możliwych wyjaśnień (*explanation*) lub, w przypadku realizacji założonych celów, generowanie „planów” realizacji [3,7].

Podstawową ideą zastosowania abdukcyjnego wnioskowania w badaniu przyszłości jest otwarcie się procesu na nowe, kreatywne metody generowania rozwiązań, w szczególności w sytuacjach, w których dysponujemy niepełną lub/i niepewną wiedzą. Związki pomiędzy wnioskowaniem indukcyjnym (indukcja), wnioskowaniem dedukcyjnym (dedukcja) oraz wnioskowaniem abdukcyjnym (abdukcja) przedstawione zostały na Rys. 1. Zastosowanie wszystkich trzech rodzajów wnioskowania (tak zwana „triada”), stanowi istotne wsparcie w procesie planowania strategii zrównoważonego rozwoju.



Rys. 1. Związki między wnioskowaniem indukcyjnym (indukcja), wnioskowaniem dedukcyjnym (dedukcja) oraz wnioskowaniem abdukcyjnym (abdukcja)

### 3. ABDUKCYJNE PROGRAMOWANIE LOGICZNE (ALP) W PROCESIE PLANOWANIA STRATEGII ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU

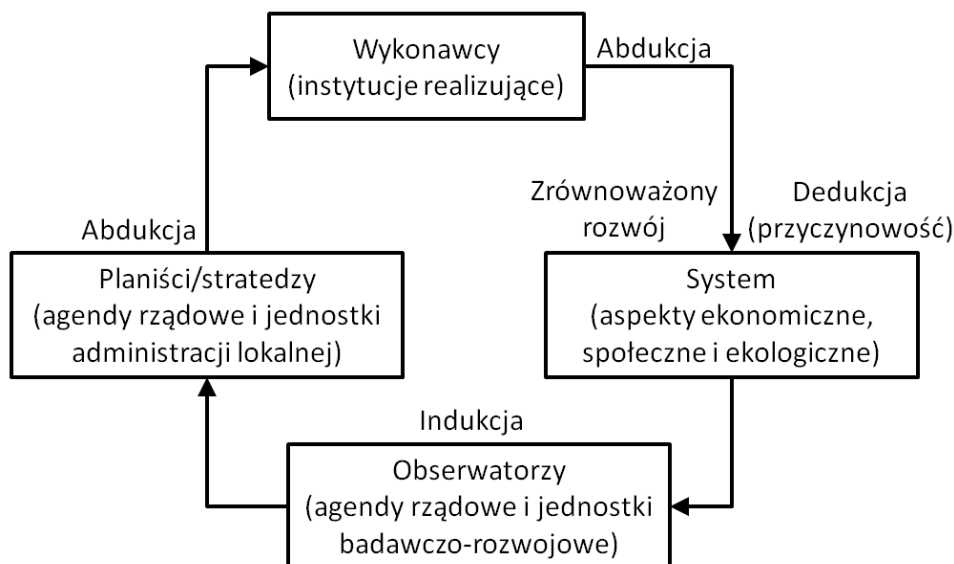
Abdukcja jest metodą wnioskowania, której celem, w przypadku szukania przyczyn, jest generowanie zbioru możliwych wyjaśnień (*explanation*) lub, w przypadku realizacji założonych celów, generowanie „planów” realizacji. Wnioskowanie abdukcyjne znalazło zastosowanie w takich dziedzinach jak diagnostyka i planowanie [8].

Abdukcja w programowaniu logicznym (Abductive Logic Programming – ALP) została zaimplementowana w wielu systemach [2,6], które bazują na definicji trójki uporządkowanej:

$$\langle P, A, IC \rangle \quad (1)$$

gdzie:  $P$  – program napisany w standardowym język programowania logicznego, reprezentujący wiedzę i reguły w danej dziedzinie,  
 $A$  – zbiór predykatów, które stanowią hipotezy rozwiązań dla badanego problemu,  
 $IC$  – ograniczenia integralnościowe (*Integrity Constraints*), których spełnienie jest warunkiem zakwalifikowania predykatów jako rozwiązań badanego problemu.

Celowość zastosowania wnioskowania abdukcyjnego w procesie planowania strategii zrównoważonego rozwoju (Rys. 2) podkreślono podczas obrad International Conference on Sustainability Science (2009) [9].



Rys. 2. Model struktury układu planowania, realizacji i oceny strategii zrównoważonego rozwoju z uwzględnieniem pętli sprzężenia zwrotnego [9]

## 4. PODSUMOWANIE

Wnioskowanie abdukcyjne może stanowić istotne wsparcie w procesie planowania strategii zrównoważonego rozwoju. Szczególnie dotyczy to możliwości weryfikacji logicznej zgodności procedur, metod, harmonogramów w ramach procesu planowania. Wnioskowanie abdukcyjne wraz z wnioskowaniem indukcyjnym oraz wnioskowaniem dedukcyjnym tworzą układ planowania, realizacji i oceny strategii zrównoważonego rozwoju z uwzględnieniem pętli sprzężenia zwrotnego. Układ taki umożliwia realizację zakładanego poziomu jakości strategii zrównoważonego rozwoju.

Prowadzone są prace związane z implementacją metod i procedur abdukcyjnego programowania logicznego w planowaniu strategii zrównoważonego rozwoju w transporcie.

### Bibliografia

1. Dal Palu A., Torroni P.: 25 Years of Applications of Logic Programming. *Dovier, Pontelli*, Vol. 6125, 208-325, 2010
2. Denecker M., Kakas A. C.: Abduction in Logic Programming. *Computational Logic: Logic Programming and Beyond*, LNAI Vol, 2407, pp. 402-437, Springer Verlag, 2002
3. Hintikka J.: What is Abduction? The Fundamental Problem of Contemporary Epistemology. *Transactions of the Charles S. Peirce Society*, Vol. XXXIV, 1998, No. 3
4. Khisty J. C.: Can Wicked Problems Be Tackled through Abductive Inferencing? *Journal of Urban Planning and Development*, September 2000
5. Makropoulos C. K., Memon F. A., Shirley-Smith C., Butler D.: Futures: an exploration of scenarios for sustainable urban water management. *Water Policy*, 345-373, 2008, 10
6. Mancarella P., Terreni G., Sadri F., Toni F., Endriss U.: The CIFF Proof Procedure for Abductive Logic Programming with Constraints: Theory, Implementation and Experiments. *Theory and Practice of Logic Programming*, Vol. 9, 691-750, 2010, 6
7. Patokorpi E., Ahvenainen M.: Developing an abduction-based method for futures research. *Futures*, 126-139, 2009, 41
8. Paul G.: Approches to abductive reasoning: an overview. *Artificial Intelligence Review* 7, 109-152. 1993
9. International Conference on Sustainability Science (2009), Summaries of Plenary Sessions: Keynotes and Panels, Japan, 2009
10. Strategia zrównoważonego rozwoju Polski do roku 2025, Narodowa Agencja Poszanowania Energii S.A. (NAPE S.A.), <http://nape.pl/> (05.05.2010)

### ABDUCTIVE INFERENCE IN THE PROCESS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT PLANNING

**Abstract:** In the paper it is proposed that the abduction inference should be used in the process of planning of strategy for the sustainable development. It is pointed out that because of the complexity of the future planning, the method of inference capable of finding the reasons is needed. The abductive logic programming (ALP) systems were indicated as suitable helper tools in the planning of strategy for the sustainable development.

**Keywords:** abductive inference, sustainable development, future planning