

Czy możliwa jest symulacja cyfrowa wolnego rynku?

Pytania przyjęte za punkt wyjścia w konstruowaniu Programu Warsztatów
Witold Marciszewski

1. Doroczne *Warsztaty Logiki, Informatyki i Filozofii Nauki* uświetniamy nawiązywaniem do okrągłych rocznic z badań nad algorytmiczną rozstrzygalnością, biorąc stąd impuls do filozoficznej refleksji (wspominaliśmy Posta, Hilberta, Turinga, Tarskiego, a zawsze był w tle obecny Gödel). Piątą ich edycję – w dziesiątą rocznicę śmierci Friedricha Hayeka (1899-1992) – poświęcamy jego idei *wolnego rynku jako systemu przetwarzania informacji*, Nową ich jakością będzie spotkanie logiki, informatyki i filozofii z naukami społecznymi, w szczególności z ekonomią jako szczególnie do takiej konfrontacji zdątną. Pionierski pogląd Hayeka (nikt przed nim nie miał takiej wizji informatycznej) idzie pod prąd obecnej mody na redukcjonizm komputacyjny. Jest to pogląd, że rynek jest systemem przetwarzania informacji, ale nie dokonuje się ono według jakiegoś algorytmu – co stanowiłoby warunek konieczny dla możliwości symulacji cyfrowej.

Kto ma tu rację? Hayek czy jego oponenti, wśród których był koryfeusz polskiej ekonomii Oskar Lange? Oto jest pytanie dla uczestników Warsztatów, a inspirują doń takie wypowiedzi Hayeka, jak te następujące.

«We are only beginning to understand on how subtle a communication system the functioning of an advanced industrial society is based —a communications system which we call market and which turns out to be a more efficient mechanism for digesting dispersed information than any that man has deliberately designated.» "The Pretence of Knowledge" [w:] *New Studies in Philosophy, Politics, Economics and the History of Ideas* (s. 34), University of Chicago Press, 1978.

«It is more than a metaphor to describe the price system as a kind of machinery for registering change, or as a system of telecommunications which enables individual producers to watch merely the movement of a few pointers, as an engineer might watch the hands of a few dials, in order to adjust their activities to changes of which they may never know more than is reflected in the price movements.» *Individualism and Economic Order* (s. 86), University of Chicago Press, 1948.

Ile posunęliśmy się w rozumieniu informacyjnej funkcji rynku od czasu, gdy Hayek o tym pisał przed ćwierć wiekiem? Na ile pomaga w tym dekada doświadczeń po załamaniu się systemu centralnego planowania? To jest historyczna inspiracja Warsztatów 2002. Inspiracją merytoryczną jest bujny rozwój w ciągu minionej dekady następujących dziedzin:

- 1. teoria złożoności obliczeniowej (algorytmicznej);
- 2. teoria dynamicznych układów niestabilnych (chaotycznych);
- 3. procedury symulacji cyfrowej aż po tworzenie sztucznych społeczeństw (*artificial societies*), których członkami są algorytmy z kategorii programów agentowych;
- 4. refleksja porównawcza nad umysłem i maszyną cyfrową, obejmująca zagadnienia przetwarzania analogowego, m.in. w sieciach neuronowych.
- 5. teoria efektywności rynku podejmująca problem, jak informacja zawarta w cenach wpływa na zachowania inwestorów, w szczególności giełdowych (por. poz. 6 w spisie lieteratury na stronie głównej).

Rozkwit tych teorii zachęca do próby uściślenia i weryfikacji hipotezy Hayeka o informacyjnej funkcji rynku – przez dokładniejszą charakterystykę, z jakim typem systemu informacyjnego mamy tu do czynienia. Mianowicie: ile jest przetwarzania analogowego, ile cyfrowego i jakie są między nimi interakcje? jak istotny jest rys wieloprzetwarzania? jak na proces przetwarzania informacji wpływa zjawisko sprzężenia zwrotnego między zawartą w cenach informacją o preferencjach uczestników rynku a samymi preferencjami? jak proces przetwarzania informacji ma się do celów stawianych gospodarce, jak do wolności, konkurencji, powiązań między gospodarkami (jak globalizacja), czynników stymulujących inowacyjność itp?

Tematy te, których wyliczenie stanowi wstępny zarys **PROGRAMU** konferencji, trzeba atakować siłami ekonomistów z jednej strony, a informatyków i logików z drugiej. Coraz większą bowiem rolę w rozwiązywaniu wymienionych problemów odgrywa modelowanie matematyczne i symulacja cyfrowa. Problematyka zasięgu tych metod oraz ich ograniczeń należy w partiach podstawowych do logiki (słynny *Entscheidungsproblem*). a w partiach bardziej aplikacyjnych do informatyki (rozumianej szeroko, jako obejmująca w/w dziedzinę 1-4).

2. Wiedza zgromadzona w wymienionych wyżej teoriach prowadzi do następującego pytania. Jeśli wolny rynek (a) jest systemem przetwarzania informacji, który na wyjściu podaje ceny produktów, kursy walut itp., (b) a nie jest on systemem cyfrowym — to powstaje pytanie: czy system tego rodzaju może być wiernie symulowany w czasie realnym przez osiągalny technicznie system cyfrowy?

Odpowiedź twierdząca stanowi istotę **socjalizmu komputacyjnego** — stanowiska Oskara Langego w sporze (*socialist calculation debate*) z liberalizmem L. von Misesa i F. Hayeka. Adekwatna symulacja komputerowa wolnego rynku miałaby czynić z centralnego planowania potężny instrument ekonomiczny; dzięki symulacji wolnego rynku jego zalety informacyjne byłyby też udziałem systemu planowania, a dzięki nieistnieniu realnego rynku można by swobodnie realizować ideały socjalizmu.

Ów wyjściowy *ponendo ponens* (nietypowy, bo następnikiem jest zdanie pytajne) stanowi jądro programu Warsztatów 2002. Rozgałęzia się on na kolejne problemy gdyż trzeba udowodnić oba człony koniunkcji (a, b) stanowiącej poprzednik, z następnika zaś wydobyć alternatywę ukrytą w dwuznaczności słowa „wiernie” (inaczej „adekwatnie”), prowadzącej do dwóch pytań, z których każde wymaga odpowiedzi. Odnośnie do każdej z tych odpowiedzi trzeba określić, jak wielkie moce obliczeniowe byłyby nieodzowne dla wchodzącej w grę symulacji.

Zacznijmy przegląd problematyki od dwóch możliwych pojęć wierności symulacji domyślnych w następniku, odróżniając je terminami **adekwatność teoretyczna** i **adekwatność praktyczna**. Ich określenie wymaga odwołania się do pojęcia rozstrzygalności zdefiniowanego w logice matematycznej. Mając na uwadze nie-specjalistów, lepiej jest używać zwrotu „rozstrzygalność algorytmiczna”, żeby zabezpieczyć się przed kolizją z potocznym rozumieniem słowa „rozstrzygać” (matematyk rozstrzyga niejedyn problem, który nie jest rozstrzygalny algorytmicznie). Także na użytek nie-specjalistów przypomina się niżej niezbędne do dalszych uwag pojęcia logiczne.

Algorytm jest przepisem dokonywania na symbolach operacji sprowadzających się ostatecznie do zastępowania jednych symboli przez inne — tak, żeby po skończonej liczbie kroków otrzymać przekształcenie wyjściowych ciągów symboli w ciąg będący odpowiedzią na postawiony problem.

Oto prosta ilustracja. Znany algorytm na mnożenie „w słupkach” mówi np. jak przekształcić ciągi 98762 i 0.234433 na ciąg 23153.071946 będący rozwiązaniem problemu „ile wynosi iloczyn tamtych dwu liczb?”. Zastępowanie polega na tym, że w ostatniej kolumnie zamiast figurujących w niej cyfr „2” i „3” wpisujemy cyfrę „6”, wobec czego tamte można już wymazać; podobnie postępujemy z kolejnymi kolumnami (jeśli nie wymazujemy symboli, ale wynik wpisujemy na osobnym miejscu pod kreską to tylko kwestia praktycznej wygody, nie mająca związku z treścią tego algorytmu).

Teoria, o której da się z sensem orzekać, że jest rozstrzygalna lub nie, musi być zaksjomatyzowana, dzięki czemu dobrze są określone wyjściowe ciągi symboli. Zarazem, musi być sformalizowana. To znaczy, reguły przekształceń prowadzących do rozwiązania problemu odwołują się wyłącznie do fizycznej postaci (formy) symboli, abstrahując od innych cech językowych (np. znaczenia); tylko wtedy rozwiązywanie problemu ma charakter algorytmiczny, algorytm bowiem dotyczy symboli jako obiektów o cechach fizycznych. Może to być rozpoznawalny dla oka ludzkiego kształt, może być impuls elektryczny lub ślad magnetyczny. w każdym razie coś fizycznego, co czyni symbol niezawodnie rozpoznawalnym.

Teorię nazywamy **nierozstrzygalną** (algorytmicznie), gdy nie istnieje algorytm pozwalający o dowolnej formule dowieść, że jest ona lub że nie jest twierdzeniem danej teorii (rachowanie jest szczególnym przypadkiem dowodzenia, mianowicie dowodzenia pewnych twierdzeń arytmetycznych, jak w powyższym przykładzie z mnożeniem). Ponieważ logiczna relacja dowodliwości ma swoje odzworowanie w arytmetyce (słynny wynik Gödla 1931), liczba odpowiadająca w tym odzworowaniu takiej

formule, że ani ona ani jej negacja nie da się w danej teorii dowieść algorytmicznie, jest **liczbą nieobliczalną** (wg definicji Turinga 1936). Tak ściśle powiązanie pojęć nierozstrzygalności i nieobliczalności pozwala w pewnych kontekstach używać ich zamiennie.

Powiemy o symulacji, że jest **adekwatna teoretycznie**, gdy jako matematycznego modelu symulowanego układu używa się teorii matematycznej rozstrzygalnej. Trzeba jednak mieć na uwadze, że symulacja adekwatna teoretycznie może być rachunkowo niewykonalna (ang. *intractable*), a więc nieosiągalna technicznie. Będzie to np. wtedy, gdy algorytm ma do czynienia z tak wielką złożonością (np. po kilkaset zmiennych w formułach rachunku zdań), że ani pamięć maszyny ani będący do dyspozycji czas nie czynią wykonania algorytmu realnym. Wtedy trzeba uciekać się np. do czegoś takiego, jak oszacowanie ryzyka błędu przy określonych uproszczeniach (redukujących liczbę zmiennych).

I tak rysuje się pierwszy z możliwych wariantów obrony socjalizmu komputacyjnego. Obroni się on wtedy, gdy bądź wskaże nadający się do adekwatnej symulacji wolnego rynku model będący teorią rozstrzygalną, bądź w przypadku nadmiernej złożoności algorytmicznej tej teorii, a więc rachunkowej niewykonalności wchodzących w grę algorytmów, wskaże metodę uproszczenia i udowodni, że ryzyko błędu jest nie większe niż ryzyko błędu w odpowiadających temu obliczeniach wykonywanych przez wolny rynek.

Powiemy o symulacji, że jest **adekwatna** (tylko) **praktycznie**, gdy zastosowany w niej model jest teorią nierozstrzygalną, ale do rozwiązania problemu, do którego stosuje się daną symulację, wystarczy określone przybliżenie, przy czym istnieje metoda wykazująca, jakie przybliżenie będzie wystarczające, uzyskanie zaś tak przybliżonego wyniku jest rachunkowo wykonalne.

I oto mamy drugi wariant obrony socjalizmu komputacyjnego: podać taką symulację wolnego rynku na potrzeby centralnego planowania, o której da się udowodnić, że jest adekwatna praktycznie. Wtedy, choćby w naturze rzeczy było tak, że jakieś procesy na wolnym rynku są same w sobie nieobliczalne (nie ma więc szans na symulację adekwatną teoretycznie), to nie będzie to argumentem przeciw symulacji rynku na usługach centralnego planowania; to bowiem, co niezbędne dla polityki gospodarczej da się symulować cyfrowo ma miarę jej potrzeb.

Przy jednej i drugiej linii obrony trzeba nadto wykazać, że rezultaty symulacji są osiągalne w czasie realnym, to znaczy takim, że wyniki obliczeń są uzyskiwane na czas potrzebny do podejmowania decyzji; gdy trzeba np. przecenić owoce w upalny dzień, to algorytm musi być na tyle sprawny, żeby zakończył pracę dostatecznie wcześniej przed zachodem słońca, a nie na drugi dzień albo i po tygodniu.

3. Podczas gdy treść pytającego następnika w naszym *ponendo ponens* obciąża zobowiązaniami socjalistyczny komputacjonizm, poprzednik prowadzi do pytań pod adresem opcji liberalnej. Czerpie ona główne racje nie tyle z idei jednostkowej wolności, co z przekonania, że wolność gospodarcza jest konieczna dla funkcjonowania rynku w roli systemu informacyjnego — dla dobra gospodarki jako całości.

U podstaw znajduje się pochodząca od Hayeka idea **samorodnego porządku** (*spontaneous order*). Pod tę kategorię podpadają systemy powstałe i funkcjonujące samorzutnie, a nie według z góry przez kogoś powziętego planu. Takim systemem jest język, rodzina, prawo zwyczajowe, wolny rynek. W świecie przyrody wymownym przykładem samorodnego porządku może być mrowisko. Każdy z takich systemów ma swoje funkcje. Do istotnych funkcji rynku należy, według Hayeka, przetwarzanie informacji.

Jest to myśl tak ważna, że należy starannie się upewnić, na ile jest ona sugestywną metaforą, a na ile fundamentem sprawdzalnej teorii, dobrze się spisującej w funkcjach wyjaśniania i przewidywania. Gdy sięga się do tej myśli w obecnym stanie informatyki, trzeba zbadać, czy układ zwany rynkiem ma cechy systemu przetwarzania informacji, jak ma je niewątpliwie układ zwany mózgiem. Z tym wiązać się będzie określenie, jaki to jest typ systemu. Gdy się da taką charakterystykę, wtedy będzie wiadomo, czego żądać od socjalistycznego komputacjonizmu: ma on udowodnić praktyczną równoważność obu systemów przetwarzania informacji — rynkowego i tego będącego jego symulacją na usługach centralnego planowania; dopiero pomyślnie przejście

tego testu dałoby socjalistycznemu komputacjonizmowi legitymację do stania się alternatywą względem wolnego rynku.

Tak więc w centrum uwagi Warsztatów 2002 znajdzie się pytanie: **Czy wolny rynek jest systemem przetwarzania informacji (w skrócie SPI) a jeśli tak, to jakiego rodzaju systemem, w szczególności, czy jest systemem podatnym na symulowanie cyfrowe?**

Poniższa próba przykładowej odpowiedzi służy jedynie sprecyzowaniu pytania (lepiej rozumie się pytanie, gdy zna się przykładowe odpowiedzi), a nie antycypowaniu wyników Warsztatów. Gdy zgodzić się, że elementami rynku są systemy informacyjne będące mózgzami, to nasuwa się definicja rynku jako super-systemu będącemu siecią złożoną z mózgzów. Jeśli opis interakcji elementów tej sieci posłuży do wyjaśniania i przewidywania procesów informacyjnych w gospodarce, jak kształtowanie się cen i jego wpływ na równowagę podaży z popytem, to będzie to krok w kierunku udowodnienia, że istotnie rynek stanowi SPI. Jest to system, jak podkreśla Hayek, oparty na wiedzy rozproszonej (*dispersed knowledge*), co skłania do porównań z efektywnością wieloprzetwarzania (*parallel processing*). Wiąże się z tym wymagająca opisanie cecha lokalności, przeciwstawna centralizacji w planowaniu socjalistycznym. Pilnej uwagi wymaga efektywność związana z przetwarzaniem analogowym, która nie może być zaadaptowana do systemu centralnego planowania, wymaga ono bowiem komunikacji za pomocą kodów symbolicznych. Powstaje wtedy pytanie, na ile przetwarzanie analogowe może być symulowane cyfrowo i czy byłaby to symulacja adekwatna praktycznie.

Oto prosty przykład przetwarzania analogowego występującego w procesie kształtowania się cen. Ktoś targujący się na bazarze, czy ktoś negocjujący wielki kontrakt w gabinecie szefa korporacji, nie potrafi zapisać w cyfrach, ile gotów jest partner ustąpić, ale wyczuwa to po trudnych do werbalnego opisu zachowaniach; jest to charakterystyczne dla przetwarzania analogowego, do którego systemy nerwowe uczestników rynku są wybitnie uzdolnione, podczas gdy zdolność w tym względzie komputerów cyfrowych równa się zeru.

Kolejne kroki w charakterystyce rynku jako SPI będą polegać na badaniu, czy są, jak są wielkie i z jakich powodów występują ograniczenia w jego symulowaniu za pomocą teorii cechującej się rozstrzygalnością, czy to w sensie teoretycznym (związanym z adekwatnością teoretyczną symulacji) czy w sensie praktycznym. Wśród powodów nierozstrzygalności praktycznej może być, w szczególności, **niestabilność**, badana w teorii chaosu deterministycznego; współczesne badania symulacyjne nad funkcjonowaniem gospodarki zaczynają korzystać z modeli dostarczanych przez matematykę chaosu.

4. Temat konferencji nawiązuje do projektu badawczego, który został zgłoszony do KBN w roku 2001 i nie został zakwalifikowany do finansowania. Otrzymał jednak takie oceny recenzentów, że stanowi to silny bodziec do podjęcia badań, zwłaszcza, że wysokim ocenom towarzyszą trafne rady, jak projekt udoskonalić. Są te opinie, z racji ich wysokiej kompetencji, warte przekazania uczestnikom Warsztatów 2002 — naturalnym kandydatom do udziału w inicjowanych tą konferencją przyszłych badaniach. Zestawia je umieszczony niżej Aneks.¹

Ewolucja projektu w tym kierunku wzięła się też z dostrzeżenia, że istnieje pokaźna literatura na temat sporu liberalizmu z socjalistycznym komputacjonizmem, ale komentujący ten spór lub kontynuujący go autorzy współcześni są raczej dalecy od ujmowania go w kategoriach rozstrzygalności (do którego bardziej może motywuje nastawienie filozoficzne, podczas gdy wspomniani autorzy to głównie ekonomiści). Otwiera się więc pole badań, w których powinni by wziąć udział oprócz logików i informatyków – metodologowie nauk społecznych, ekonomiści i filozofowie.

¹ Opis projektu zgłoszonego do KBN, którego dotyczą przytoczone recenzje, można znaleźć za pomocą odsyłacza (linku) znajdującego się pod adresem www.calculumus.org/hayek/index.html; projekt nosi tytuł: *Filozofia nauki wobec problemu dostępności obliczeniowej procesów społecznych*. Intencją zwrotu *dostępność obliczeniowa* jest objąć to wszystko, co jest dostatecznym warunkiem bądź symulacji adekwatnej teoretycznie bądź symulacji adekwatnej praktycznie. Podczas gdy wniosek do KBN nie precyzował, jak rozległa klasa procesów społecznych byłaby brana pod uwagę, projekt związany z Warsztatami 2002 koncentruje się na procesach tworzących samorodny porządek wolnego rynku rozważanego jako system przetwarzania informacji ekonomicznej.

5. ANEKS

Spośród czterech recenzji dwie się znacząco przyczyniły do transformacji projektu. Dla odróżnienia rodzaju wkładu, zostały one w niniejszym tekście opatrzone tytułami. Tytuł „opinia merytoryczna” (ustęp 4.1) sygnalizuje wkład w meritum problemu, polegający na przesunięciu uwagi w stronę praktycznego pojęcia rozstrzygalności (odpowiednie zdania zostały na użytek obecnych rozważań wyróżnione kursywą). Zasada anonimowości opinii zakrywa osobę jej autora, ale z treści widoczne jest doświadczenie w empiryczno-informatycznych badaniach nad SI, co skłania do uważnego liczenia się z jego głosem. Ustęp 4.2 zawiera recenzję koncentrującą się na wykonalności projektu, toteż zostanie ona nazwana „opinią prakseologiczną”. Dwie pozostałe opinie są przytoczone w ustępie 4.3.

4.1. Opinia merytoryczna.

„Jest to bardzo dobry projekt. Poniższe uwagi wskazują dlaczego. Wskazują też czego zdaniem recenzenta brakuje mu do doskonałości.

- Projekt stawia bardzo ważny problem algorytmizacji ogólnie rozumianej wiedzy naukowej. To problem bardzo ambitny. Jest to zaletą projektu. Jednak jest też w pewnym sensie źródłem jego potencjalnych słabości. Jest to bowiem problem przez swoją złożoność niezwykle trudny. Wiąże się on z tą częścią projektu sztucznej inteligencji, nad którą koncentrują się intensywne badania matematyków i informatyków w dziedzinie złożoności obliczeniowej. Problem ten daleki jest od rozwiązania mimo przeznaczania na niego środków niewspółmiernych z tymi, którymi dysponuje KBN. Oceniany projekt ogranicza się jednak do analizy filozoficznych aspektów problemu.
- Punktem wyjścia projektu jest założenie, że pytanie o algorytmizację wiedzy naukowej jest równoważne pytaniu o rozstrzygalność (w matematycznym znaczeniu tego słowa) pewnej teorii formalnej. Jest to założenie interesujące, ale bardzo silne. Samo w sobie mogłoby stanowić temat projektu badawczego. Pojęcie rozstrzygalności stosuje się jedynie do teorii formalnych, a większość wiedzy naukowej nie ma postaci teorii formalnych, co więcej o dużej ich części można wątpić, czy w ogóle można je sformalizować. *Pojęcie rozstrzygalności tutaj właściwie: metody numeryczne dostarczają przybliżonych, ale całkowicie wystarczających naukom doświadczalnym rozwiązań problemów (np. równań) nie posiadających algorytmicznie wyznaczonych rozwiązań. Z drugiej strony, rozstrzygalny przecież klasyczny rachunek zdań nie jest i nigdy nie będzie rozstrzygalny dla komputera — o zdaniu zawierającym np. 200 zmiennych zdaniowych nie sposób rozstrzygnąć, czy jest tautologią ze względu na wykładniczy charakter algorytmu.* Tym nie mniej również przy powyższym założeniu, jest to projekt bardzo interesujący. Można powiedzieć, że właśnie ono sprawia, że jest to projekt realistyczny.
- Znaczenie wyników projektu dla nauki będzie z pewnością bardzo duże. Ich znaczenie dla praktyki jest istotnie ograniczone przez główne założenie badawcze projektu: sprowadzenie algorytmizacji wiedzy do rozstrzygalności teorii formalnych.
- Kierownik projektu oraz jego główni wykonawcy należą do najwybitniejszych uczonych w swoich dziedzinach uznanych tak w kraju jak i za granicą.
- Zadania zawarte w harmonogramie projektu w elegancki sposób konkretyzują cele zawarte w jego opisie, ograniczając je wyraźnie do ważnych trzech zagadnień, które są z pewnością warte finansowania przez KBN, choć być może nie wyczerpują niezwykle ambitnych zamierzeń prezentowanych w opisie projektu.
- Koszty projektu w stosunku do zamierzeń nie są wysokie. Są one przy tym w pełni uzasadnione. Można nawet sądzić, że na realizację projektu powinno się przeznaczyć znacząco większe środki.”

5. Opinia prakseologiczna.

„Projekt jest ciekawy i ambitny, dlatego jego udana realizacja byłaby wielkim sukcesem i ważnym krokiem naprzód w wielu dziedzinach. Niestety nie wierzę w jego wykonalność. Przede wszystkim cel badawczy jest zbyt ogólny i nieosiągalny. Fakt, że pracowałoby w nim siedmiu profesorów jest moim zdaniem słabością, a nie zaletą. Wyniki ich jednostkowych badań nie dałyby się powiązać w spójną całość, uzasadniającą powołanie tak dużego zespołu. Nad wieloma pytaniami postawionymi w projekcie pracują na całym świecie tysiące ludzi, dysponujących ogromnym zapleczem technicznym. Ich wysiłek nie doprowadził do jednoznacznych rozstrzygnięć i samo zreferowanie aktualnego stanu badań dałoby coś w rodzaju katalogu dalekiego od jednolitego obrazu, którego konstrukcja jest celem projektu. Sądzę, że zanim podejmie się tak rozległe i ryzykowne zadanie, powinno się uporządkować trzy dziedziny, których integracja jest celem projektu: badania rozstrzygalności w aspekcie formalnym, symulacji zachowań ekonomicznych i analizy logiczne oraz filozoficzne tych spraw. Ich stan obecny nie daje nadziei na możliwość stworzenia jednolitego obrazu, postulowanego przez twórców projektu.”

4.3. Pozostałe opinie.

4.3.1.

• „Znakomity zespół dobrany przez wytrawnego znawcę problematyki będący osią grupującą zadanie badawcze. • Przekonująco sformułowane pytanie – istotne dla aktualnych wyzwań intelektualnych, przed którymi staje filozofia nauki. • Oszczędnie skalkulowane wydatki zważywszy na czas (3 lata) realizacji i wielkość zaangażowanego zespołu. • Niesłychanie lakoniczny harmonogram badań – skądinąd przy liczebności zespołu trudny do większego sprecyzowania przed rozpoczęciem prac realizacyjnych.”

4.3.2.

„Realizowany projekt imponuje z kilku względów:

• Postawiony problem badawczy jest niezwykle ważki, zarówno teoretycznie, jak i ze względu na aplikacje; rozstrzygnięcie, czy algorytmizacja wszystkich czynności badawczych w naukach empirycznych jest wykonalna ma daleko idące konsekwencje (omówione w dokumentacji wniosku). • Uwagę zwraca interdyscyplinarność proponowanych badań, co dobrze wróży całościowemu ujęciu rozważanej problematyki. • Przedstawiona dokumentacja opracowana jest niezwykle rzetelnie, widoczne jest, iż projekt został gruntownie przemyślany. • Last but not least – skład zespołu badawczego skłania do pewności, że projekt zostanie wykonany wedle najwyższych standardów uznanych w nauce światowej.”