

Jak czytać i jak pisać pracę naukową

To opracowanie zawiera krótkie uwagi i wskazówki – jak czytać materiały naukowe, a także – jak pisać takie prace, aby były czytelne, czytane i cytowane.

Kryteria oceny, którym podlega praca naukowa

Zacznijmy od tego, że każda praca naukowa powinna mieć **jasno określony cel**. Standardowo – tym celem jest prezentacja **nowego wyniku naukowego**. Zakłada się zatem, że:

- określony jest **dobrze zdefiniowany problem naukowy** (konkretny problem, klasa problemów),
- znany jest tzw. *state-of-the-art* – stan badań i aktualne **najlepsze wyniki prób rozwiązania tego problemu**; znane są metody i narzędzia,
- **porównywalność** – osadzenie wyników pracy w konkretnym kontekście; powyższe stwierdzenie oznacza, że **wyniki te muszą być porównywalne** – najlepiej dzięki zdefiniowaniu **wskaźnika jakości** (funkcjonału); może być też dopuszczalna **ocena wielokryterialna**, a w ostateczności – **jakościowa**,
- **przedstawiony nowy wynik** jest **istotnie lepszy** od znanych z literatury; teoretycznie możliwa jest też prezentacja wyników negatywnych, ale te – siłą rzeczy – nie są same z siebie ciekawe,
- praca przedstawia nie tylko wynik, ale **dokumentuje jak został on osiągnięty** (sprawdzalność, powtarzalność, użyteczność),
- analizowane są zalety jak i słabe strony (założenia dotyczące stosowalności versus ograniczenia stosowalności) proponowanego rozwiązania,
- przedstawione są **wyniki analityczne** (twierdzenia, lematy, dowody), **numeryczne** (na reprezentatywnych przykładach) lub **wyniki analizy jakościowej**,
- przedstawione jest porównanie z innymi pracami o zbieżnej tematyce (ang. *related work*),
- praca jest opublikowana w uznanym czasopiśmie – podlegała procesowi recenzji.

Pominięcie któregoś z powyższych 9 elementów – o ile nie jest usprawiedliwione względami natury zasadniczej – zawsze powoduje, że praca będzie niepełnowartościowa lub nawet zatraci charakter naukowy.

Cel

Uwagi dotyczące celu pracy naukowej:

- dobrze zdefiniowany cel najczęściej **nie jest oryginalny sam w sobie** (np. wynaleźć lekarstwo na raka) – powinien on być znany i zrozumiały dla określonego środowiska naukowego; nie należy dążyć na siłę do samodzielnego stawiania nowych celów,
- sformułowanie celu może mieć miejsce na różnych poziomach abstrakcji; cele bardziej szczegółowe są zwykle łatwiej weryfikowalne,
- cel powinien być tak określony, aby jego osiągnięcie miało znamiona użyteczności.

State-of-the-art

O ile celem pracy jest zwykle przedstawienie **nowego/własnego** rozwiązania jakiegoś problemu, o tyle w sekcji state-of-the-art należy odnieść się do istniejących i znanych (bardziej lub mniej) porównywalnych rozwiązań/podejść/algorytmów/metod/... Ten przegląd powinien spełniać

następujące warunki:

- uznane, bardzo dobre i dobre wyniki (dobre czasopisma, dobrzy autorzy, cytowania),
- aktualne (ale i historyczne),
- pełność – nic nie zostało pominięte,
- adekwatność – realna relacja do problemu (często oznacza to konieczność wyboru); porównywalność wyników,
- spójne ujęcie – brak wyników sprzecznych.

Rada praktyczna: state-of-the-art należy budować systematycznie dla danego obszaru (zagadnienia). Można też wesprzeć się analizami aktualnych, topowych publikacji. Nie obejdziesz się bez czytania i dobrej znajomości literatury!

Osadzenie pracy w kontekście – porównywalność

Osadzenie pracy w kontekście – oznacza, że prezentowana praca nawiązuje do szeregu znanych prac/podejść i metod, ukierunkowanych na rozwiązywanie podobnych zagadnień. W rezultacie, aktualne, otrzymane wyniki powinny być porównywalne ze znanymi z nauki.

Najprościej jest tu wspomóc się [analizą systemową](#). Należy:

- dokonać klasyfikacji zadania [[klasyfikacja zadań – analiza systemowa](#)],
- określić podklasę i właściwe dla niej metody [np. [optymalizacja](#)],
- dla zadanego celu przeprowadzić eksperymenty, które pozwolą na wygenerowanie możliwie dobrych, mierzalnych wyników [[przykłady](#)],
- wyniki te należy porównać z wynikami znanymi z literatury [???].

Powinien być zatem określony [wskaźnik jakości – funkcjonal](#).

Uwaga: możliwa jest też [analiza/optymalizacja wielokryterialna](#)!

Istota i wartość wyniku

Prezentowane wyniki powinien wносить coś nowego – być istotnie lepszym o tych, znanych z literatury. Nie zawsze da się to ocenić liczbowo. Możliwe typy wyników obejmują np.:

- nowy lub ulepszony algorytm,
- nowy lub ulepszony sposób reprezentacji wiedzy (np. logika, BPMN, etc.),
- nową metodologię (np. analizy, projektowania, etc.),

Jednak zawsze należy dążyć do wykazania przewagi uzyskanych wyników nad analogicznymi wynikami wynikającymi ze znanego stanu wiedzy. W przypadku algorytmu może to być lepsza złożoność pamięciowa lub czasowa, efektywność na zadanej próbie, szybkość działania, szerszy obszar zastosowań, etc.

Dokumentowanie procedur

Treść pracy powinna nie pozostawiać wątpliwości co do realności uzyskanych wyników. Dla prac analitycznych zazwyczaj wystarczy zamieścić dowody (wraz z założeniami!). Dla prac eksperymentalnych należy podać warunki, przy których możliwe będzie osiągnięcie analogicznych rezultatów (powtórzenie/weryfikacja wyników).

W tym kontekście ważne jest omówienie użytych narzędzi, parametrów eksperymentów, danych wejściowych, etc. Dobrym zwyczajem jest udostępnienie pełnych danych na stronie internetowej.

Ciekawostka: *living documents*.

Stosowalność: założenia i ograniczenia

W każdej pracy naukowej należy jasno wskazać:

- założenia, które muszą być spełnione aby dany wynik był osiągalny (np. metoda była stosowalna),
- ograniczenia stosowalności.

Czasem niestety jest to trudne (np. jakie są ograniczenia stosowalności algorytmów genetycznych?).

Wyniki analityczne

W obszarze nauk ścisłych i inżynierskich zazwyczaj posługujemy się sformalizowanym opisem (modelem) analizowanego systemu, zjawiska, problemu,... Dobre (elitarne) prace naukowe dostarczają wyników analitycznych (nowe lematy, twierdzenia, dowody) – wyników o charakterze ogólnym (kwantyfikacja) i określonym obszarze zastosowań.

Nie należy formułować takich wyników na siłę. Jednak w wielu przypadkach wytrawny badacz dostrzeże możliwość sformułowania takich wyników tam, gdzie badacz początkujący będzie w stanie operować jedynie zbiorem przykładów.

Odkrywanie praw ogólnych to [wnioskowanie indukcyjne](#). Stanowi ono istotę realnej pracy naukowej – odkrycia naukowego.

Przykłady: $E=mc^2$, Tw. Goedela, (Lucjan Łągiewka), hipoteza Goldbacha, hipoteza $h=\sqrt{Noc}/2$.

Related Work

Omówienie prac związanych z prezentowanym tematem jest wyrazem swoistej kultury badacza, a jednocześnie świadectwem świadomego wyboru problematyki badawczej, świadomego ograniczenia obszaru analizy, a także pozwala lepiej pozycjonować pracę na tle aktualnie realizowanej działalności badawczej.

Krytyczne, syntetyczne przedstawienie *Related Work* pozwala jednocześnie uniknąć posądzenia o nieznamość literatury lub, co gorsza, powielanie/naśladowanie cudzych wyników.

Publikacja

Dobra praca naukowa powinna być opublikowana w dobrym czasopiśmie!

Należy unikać publikowania byle czego i byle gdzie.

Czasopisma czytane – posiadają zazwyczaj [Impact Factor](#). Lista A ISI Thomson Web of Science.

Typy prac naukowych

Poza typowymi pracami naukowymi – dla których obowiązują kryteria jak wyżej, spotykane są prace o innym charakterze, np.:

- wprowadzenie do...
- przyczynek do...
- praca przeglądowa (ang. survey)
- corrigendum ...
- analiza porównawcza ...

Typowe błędy

Piszący prace naukowe najczęściej nie są w stanie zapewnić 100% poprawności; polecma hasło „error” w en.wikipedia.org oraz błąd w pl.wikipedia.org. Pracownik naukowy powinien **mieć świadomość możliwości popełnienia błędu** – niezależnie od stażu naukowe i dotychczasowych osiągnięć. Powinien też doceniać rolę i wartość krytyki naukowej, recenzji, dyskusji.

Typowe błędy obejmują:

- **błąd konceptualny** – istotny błąd koncepcji rozwiązania; najczęściej powoduje on, że praca w obecnym kształcie jest bezwartościowa (np. zastosowanie metod inteligencji obliczeniowej – algorytmów genetycznych – do optymalizacji problemów rozwiązywalnych analitycznie – programowanie liniowe),
- **błąd merytoryczny** – błąd rozumowania lub obliczeń, najczęściej prowadzi do błędnych wyników; typowe błędy merytoryczne obejmują **błędy logiczne** (vide: <http://pl.wikipedia.org/wiki/Błąd>),
- **błąd obliczeniowy** – np. błędy zaokrągleń, aproksymacji, interpolacji, etc.
- **błąd interpretacji** – zła interpretacja faktów, niedostrzeganie pewnych faktów,
- **błąd składniowy** – złamanie zasad gramatycznych,
- **błąd składu** – LaTeX, wbrew pozorom, jest pełen pułapek... Porównaj np. $\$Efficiency\$$ oraz $\$mathit{Efficiency}\$$.

Inne typowe błędy obejmują:

- pominięcie w dyskusji ważnych faktów lub pozycji literatury,
- rozważania prowadzone bez wyraźnego celu, wprowadzanie zbyt wielu definicji, etc. bez wyników analitycznych i zastosowań,
- wprowadzanie własnego aparatu pojęciowego podczas gdy jest on już znany/zdefiniowany/uznany,
- nadmierne uogólnianie wyników/wniosków (np. w oparciu o cząstkowe wyniki obliczeniowe),
- nieprzyjmowanie do „akceptującej wiadomości” krytyki, uwag recenzentów, doświadczeń wynikających z aktualnego stanu wiedzy.