

Recenzja pracy doktorskiej

Mgr inż. Akhila Kunche

1. Uwagi ogólne

Do napisania recenzji otrzymałem następujące dokumenty:

- prace doktorska pt. „Computer Simulation as decision-support tool for selecting CO2 emission reduction strategies in the cement industry” wydana przez Politechnikę Wrocławską, Wydział Zarządzania w roku 2022,
- nośnik elektroniczny i wydruk niniejszej pracy,
- pismo przewodnie Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej - Nauki o Zarządzaniu i Jakości.

Uwaga formalna recenzenta: ze względu na późne otrzymanie pracy (problem dostarczenia na UE Wrocław, nazwane dokumenty i wiedza ze mam napisać recenzje jest mi znana od grudnia 2022. Druga uwaga to – ze nie jestem ekspertem domeny „cementowej i ochrony środowiska (klimat)” – moja recenzja opiera się głównie na mojej wiedzy z dziedziny Informatyki, Informatyki Gospodarczej jak i wpływu tych dyscyplin na podejmowanie decyzji na bazie dostępnych i ewentualnie generowanych (pasujących do dystrybucji danych).

2. Uwagi formalne

Niniejsza praca zawiera 129 stron tekstu podzielonego na siedem podrozdziałów, używane skróty, referencje (6 stron bez podanie ilości) plus lista rysunków (dwie strony – także bez podania ilości). Dodatkowo praca zawiera trzy Appendixy.

Autor recenzowanej pracy jest współautorem jedynie dwóch publikacji naukowych – dane te pobrano z listy referencji.

3. Ocena merytoryczne poszczególnych podrozdziałów prac

Podrozdział 1: Introduction

Celem niniejszego rozdziału jest wprowadzenie do tematyki zmian klimatycznych jak i ich uwarunkowań. Przedstawione informacje są jasno sformułowane i czytelne graficznie w formie rysunków i tabel. Bazując na tych informacjach autor formułuje na stronie 16 pracy research objectives: Po pierwsze to - Impact of various CO2 mitigation strategies applicable for specific cement plant configurations under varying market conditions using System Dynamic (SD) simulation. Autor koncentruje się przy tym na pojedyncze fabryki cementu – które rozwijają różne strategie redukcji CO2. Drugim celem naukowym pracy jest zbadanie, sprawdzenie, porównanie użytych strategii i ich wyników symulacyjnych z realnymi danymi tzw. reference cement plant. Trzeciorzędnym celem tego badania jest ocena różnych kombinacji strategii łagodzenia w różnych scenariuszach polityki i warunkach rynkowych, aby zidentyfikować najbardziej odpowiednie systemy, które zachęciłyby interesariuszy cementowni do wdrożenia strategii łagodzenia skutków emisji CO2.

Następnie autor próbuje umotywić nowość i znaczenie swojego podejścia naukowego w ten sposób: ponieważ oczekuje się, że różne organy rządowe, zwłaszcza w krajach rozwijających się, nałożą podatki lub zwiększą istniejące kary na emisje dwutlenku węgla w przemyśle cementowym, istnieje potrzeba stworzenia systemu wspomagania decyzji, który kierownictwo najwyższego szczebla w przedsiębiorstwach mogłoby wykorzystać do dostosowania się do wszelkich nadchodzących decyzji politycznych przy jednoczesnym zminimalizowaniu wpływu na zyski. Biorąc pod uwagę złożoność procesu produkcji cementu z kilkoma współdziałającymi procesami, które napędzają zużycie energii w przedsiębiorstwie, dlatego w tej pracy wybrano podejście modelowania System Dynamics (SD). Wykorzystanie SD, podejścia symulacyjnego charakteryzującego się koncentracją na związkach przyczynowo skutkowych i pętli sprzężenia zwrotnego, jest jednak jeszcze w branży cementowej nadal w fazie początkowej.

W opinii recenzenta, ze względu na kompleksowość temat, dobrze jest że autor postanowił wprowadzić pewne rozsądne ograniczenia w swoim podejściu naukowym - model ten ma na celu jedynie oszacowanie wydatków i emisji związanych z wykorzystaniem energii, tj. poprzez wykorzystanie energii elektrycznej i zużycie paliwa, a także zaopatrzenie w surowce, koszty logistyczne (transport) oraz koszty operacyjne i utrzymania sprzętu związanego ze strategiami łagodzenia skutków.

W dotychczasowych recenzjach jako recenzent zawsze zwracam uwagę na użytą metodę podejścia naukowego. Niestety tutaj żadne podejście naukowe (np. Design Science, Consortium Research itp.) nie jest nazwane. Na obronę doktoranta stoi fakt, że struktura pracy odpowiada pośrednio użyciu podejścia naukowego.

Podrozdział 2: Cement production and CO2 emissions

Ten rozdział pracy przyjąłem do wiadomości i zakładam że autor ma kompetencje i solidnie przedstawił problematykę tej domeny. Szczególnie ważnym aspektem są tu przedstawione strategie łagodzenia skutków dla zmniejszenia emisji CO2 z produkcji cementu tak jak: Waste Heat Recovery (WHR), Clinker substitution, Alternative fuels czy też Carbon Capture.

Podrozdział 3: Literature review

Na wstępie tego rozdziału autor opisuje znane z literatury systemy DSS – patrząc na nie z perspektywy zarządzania (structured decisions, sem-structured decisions i unstructured decisions). Doktorant stawia słuszną tezę że zazwyczaj DSS wykorzystuje połączenie surowych

danych, osobistej wiedzy i modeli biznesowych, aby pomóc w podejmowaniu decyzji. Na podstawie analizy wielu źródeł naukowych doktorant wyciąga poprawny wniosek: DSS może być istotnym instrumentem umożliwiającym zainteresowanym stronom dokonywanie świadomych wyborów i decyzji w dziedzinie łagodzenia zmian klimatycznych. Takie narzędzie mogłoby być wykorzystywane nie tylko przez decydentów w odpowiednich dziedzinach, ale także przez decydentów rządowych do formułowania skutecznych wytycznych. Postawiony problem decyzyjny poruszany w tej pracy doktorskiej, tj. identyfikacja optymalnych strategii ograniczania emisji CO₂ w cementowni, może być rozwiązany przy użyciu symulacji. Najważniejsze informacje są podsumowane w tabeli 10.

Ze względu na specyfikę domeny autor słusznie decyduje się na metodę System Dynamics (SD). Diagramy pętli przyczynowych (CLD) oraz diagramy zasobów i przepływów są najczęściej wykorzystywane do wizualnej reprezentacji modeli SD (rysunek 17, 18 i 19). Bardzo istotnym stwierdzeniem doktoranta jest fakt, że używane modele nie charakteryzują się tzw. „lack of awareness of its value among stakeholders” (brak świadomości o wartościach modelowania/modeli wśród interesariuszów). Stakeholders powinni permanentnie być uwzględniani (ich pozycje i oceny) w każdej dynamicznej sytuacji rozwoju modeli. Problemem jest także częste omijanie danych historycznych reakcji interesariuszów na tą problematykę. Autor niniejszego doktoratu w sposób bardzo intensywny artykułuje te problemy i proponuje ich intensywne wykorzystanie w dalszej części niniejszej pracy. W dalszej części tego rozdziału autor star się w systematyczny sposób opisać wzięte z literatury rozwiązania w kontekstach: dynamika systemów w dziedzinie zmian klimatu i emisji CO₂, jaki i dynamika systemu w przemyśle cementowym w celu ograniczenia emisji CO₂. Przy tam autor wspomina własne publikacje na powyższe tematy. Efektem tych analiz literatury jest tabela 18, która zawiera 8 rozwiązań w kontekście tematyki niniejszej pracy.

W oparciu istniejące w literaturze „luki badawcze”, autor postuluje następujące aspekty do konstrukcji nowatorskiego modelu przy:

- 1) uwzględnieniu wszystkich możliwych strategii łagodzenia skutków dotychczasowych (także historycznych) działań, które są obecnie realizowane w domenie produkcji cementu.
- 2) ułatwieniu oceny kombinacji strategii łagodzących przy uwzględnieniu współdziałających parametrów.
- 3) uwzględnieniu reguł dotyczących badania strategii łagodzenia skutków w indywidualnych instalacjach (pojedyncze cementownie), aby pomóc w procesie podejmowania decyzji.

Podrozdział 4: Modeling Process

Bazując na poprzednim rozdziale (Literature review) doktorant bierze pod uwagę następujące strategie (detale są ominięte w tej recenzji): wytwarzanie energii na potrzeby własne, moduł substytucji klinkieru, moduł zastępowania paliwa, moduł wychwytywania węgla jak i moduł poprawy efektywności. Co jest ważne z punktu widzenia Nauk o Zarządzaniu autor jasno wspomina koszty inwestycyjne związane z wdrożeniem nazwanych strategii. Efektem analizy jest konstrukcja zintegrowanego modelu. Wychodząc z możliwych zasobów inwestycyjnych danego zakładu cementowego autor przedstawia na rysunku 22 (w kolorach) zalety i wady poszczególnych strategii jak ich wzajemne oddziaływanie u uwzględnieniem możliwych korzyści

jak i inwestycji ze strony lokalnych instytucji administracji. W dalszej części pracy autor segmentuje swój model na wybrane strategie (rysunki od 23 do 27).

Dalsza część tego centralnego rozdziału pracy jest poświęcona tzw. pod-modelom (sub-models), które są przetestowane poprzez uwzględnienie monetarne (Indian Rupee) z perspektyw cementowni w Indiach.

Wstępna walidacja modelu (sub-modeli) jest zrobiona poprzez stosowanie analizy wrażliwości i kontroli spójności wymiarowej

Eksperymenty są realizowane (następny rozdział tej pracy) poprzez narzędzie symulacyjne SilicoAI. Jest to znana Platforma Symulacji Procesów Biznesowych, która pozwala budować kompletne cyfrowe bliźniaki procesów, które obejmują różnorakie zespoły lub funkcje, łącząc je z danymi w czasie rzeczywistym. Użyte dane są opisane w Appendix-II i Appendix-III. Po konstrukcji modelu każdy scenariusz symulacyjny jest uruchamiany na okres 156 miesięcy z krokami czasowymi co 1 miesiąc. Jednostki miar służą do sprawdzenia modelu pod kątem spójności wymiarowej. Recenzent stwierdza że wykorzystywane parametry, ich relacje z innymi jednostkami oraz wzory wykorzystywane do obliczeń zostały odwzorowane przy współpracy z kierownictwami poszczególnych cementowni. Na końcu tego rozdziału pracy autor stwierdza że: dodatkowo, ostateczny model i wyróżnione związki przyczynowe zostały sprawdzone pod kątem poprawności logicznej. Niestety nie ma dalszych informacji na ten temat w tym rozdziale pracy.

Podrozdział 5: Experiments and Scenario design

Chcąc pokazać korzyści z zaaprobowanego modelu, autor posłużył się danymi zgromadzonymi z cementowego zakładu referencyjnego w Indiach. Detale o użytych danych są dobrze opisane w niniejszej pracy. Celem testów modelu opracowano trzy scenariusze: BAU (scenariusz podstawowy), LME (niskie nakłady na łagodzenie skutków emisji CO₂) i HME (wysokie nakłady na łagodzenie skutków emisji CO₂). Dzięki temu jest możliwe testowanie prawie całego spektrum przydatności skonstruowanego modelu.

Podrozdział 6: Results and comparisons

W tym rozdziale pracy autor przedstawia wyniki swojej pracy. W ramach wspomnianych w tej recenzji trzech różnych scenariuszy autor bada i porównuje koszty wdrożenia i eksploatacji różnych strategii łagodzenia skutków (pojedyncze strategie jak i zintegrowane strategie). Dodatkowo, w pewnych przypadkach, obliczane są okresy zwrotu nakładów kapitałowych. Takie podejście jest słuszne i gwarantuje korzyści technologiczne i finansowe płynące dla analizowanych cementowni.

Podrozdział 7: Discussion

W tej części pracy autor ponownie stwierdza, że przemysł cementowy jest jednym z najbardziej znaczących sprawców emisji CO₂ w dzisiejszym świecie. Pomimo dostępności różnych strategii łagodzących, ich wskaźniki przyjęcia były stosunkowo niskie, ponieważ wdrożenie tych podejść wymaga znacznych inwestycji kapitałowych. Wybór odpowiedniej strategii łagodzenia skutków wiąże się z zarządzaniem na najwyższym szczeblu w cementowni, dlatego w niniejszej pracy autor zaproponował użyteczne narzędzie wspomagające podejmowanie decyzji w celu oceny wpływu różnych strategii łagodzenia skutków emisji CO₂, mających zastosowanie do

konkretnych konfiguracji cementowni (aspekt indywidualizacji) w zmiennych warunkach rynkowych. W związku z tym, aby zrealizować główny cel tej pracy doktorskiej, postanowiono opracować narzędzie do wspomagania decyzji wykorzystujące podejście modelowania SD dla interesariuszy w przemyśle cementowym w celu identyfikacji i zbadania wyników wdrożenia różnych strategii łagodzenia skutków emisji CO₂ w konkretnej cementowni.

Wykonane eksperymenty i ich wyniki pokazują użyteczność modelu jako narzędzia wspomagania decyzji dla interesariuszy cementowni w identyfikowaniu optymalnych strategii dla ich zakładów. Niniejsza praca wnosi wkład do dyscypliny nauk o zarządzaniu poprzez udoskonalenie istniejących narzędzi wspomagania decyzji w zakresie łagodzenia skutków emisji CO₂, kładąc nacisk na rozwiązywanie strategicznych wyzwań decyzyjnych wysokiego szczebla, istotnych dla sektora cementowego.

4. Podsumowanie

Reasumując, praca doktorska mgr inż. Akhila Kunche spełnia według recenzenta warunki pracy doktorskiej. Stanowi ona oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Tym samym oceniam tą pracę pozytywnie i polecam jej przyjęcie i obronę.

Pytania:

- 1) Czy rozwinięty model jest adaptowalny w innych warunkach ekonomicznych i geograficznych?
- 2) Jakie inne strategie można tu wymienić w tych innych warunkach ekonomicznych i geograficznych
- 3) Czy realizacje modeli uczących się z danych (ML) może w przyszłości poprawić wyniki osiągnięte w tej pracy?

Prof. zw. dr hab. inż. Bogdan Franczyk

