

Radom, 23 kwietnia 2018

dr hab. inż. Andrzej Szymanek, prof. UTH  
Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny  
im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu  
Instytut Systemów Transportowych i Elektrotechniki  
ul. J. Malczewskiego 29, 26-600 Radom  
a.szymanek@uthrad.pl

## Recenzja

Rozprawy doktorskiej mgra Szymona Gabriela Ignaciuka

### pt. „PROCEDURY POSTOPTYMALIZACYJNE WYBRANYCH ZAGADNIENÍ TRANSPORTOWYCH W INŻYNIERII ROLNICZEJ”

Promotor: dr hab. Jacek Wawrzosek

Promotor pomocniczy: dr Andrzej Bochniak

Recenzja opracowana na podstawie zlecenia nr TDz. 531/os/2018 z dnia 19.03.2018 roku  
Dziekana Wydziału Inżynierii Produkcji Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie  
prof. dr. hab. inż. Andrzeja Marczuka

#### 1. Informacja o rozprawie

Rozprawa doktorska mgra Szymona Gabriela Ignaciuka powstała na Wydziale Inżynierii Produkcji Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie pod kierunkiem dr. hab. Jacka Wawrzoska i promotorstwem pomocniczym dr. Andrzeja Bochniaka.

Recenzowana praca obejmuje 122 numerowane strony formatu A4. Jej zasadnicza część (zawierająca 3 rysunki i 30 tabel) mieści się w rozdziale 4 na stronach 18-108. Wykaz cytowanej literatury (s. 117-122) zawiera 80 pozycji, zarówno krajowych jak i zagranicznych.

#### 2. Merytoryczna ocena rozprawy

##### Ważność problematyki podjętej w rozprawie

Recenzowana praca dotyczy jednego z podstawowych problemów optymalizacyjnych formułowanych często także w inżynierii rolniczej. Chodzi oczywiście o problem zwany „zadaniem transportowym” (ZT), jeden z podstawowych w obszarze badań operacyjnych. Zadanie transportowe - chyba najczęściej opisywany problem programowania liniowego - oprócz doniosłości praktycznych zastosowań - wyróżniają pewne matematyczne własności. Autor pisze o wybranych własnościach modeli ZT w 4.3.5.

Specyfika zadania transportowego powoduje rozmaite utrudnienia. Oto jedno z nich. Zakładając całkowitoliczbowość zmiennych decyzyjnych w zagadnieniach programowania liniowego, napotyka się duże trudności w znalezieniu rozwiązania optymalnego, stąd konieczność konstruowania specjalnych algorytmów optymalizacji dyskretnej. Również przyjęcie w ZT całkowitoliczbowości prawych stron warunków ograniczających wystarcza, aby rozwiązanie również było całkowitoliczbowe. Można wtedy ZT optymalizować z wykorzystaniem narzędzia ogólnego jakim jest algorytm simpleks. Czyli całkowitoliczbowe

zagadnienie programowania liniowego rozwiązywane jest metodami nie całkowitoliczbowymi. Ale nie da się już tego zrobić np. dla problemu komiwojażera, gdzie do dzisiaj nie opracowano wielomianowego algorytmu dokładnego.

Optymalizacja w programowaniu liniowym nie zawsze jest najważniejszym etapem analizy danego problemu. Wśród wielu autorów, także George Dantzig twórca programowania liniowego twierdził, że często ważniejsza jest postoptymalizacja. Dlatego bardzo dobrze się stało, że Pan Szymon Ignaciuk zajął się w swojej pracy doktorskiej właśnie procedurami postoptymalizacyjnymi dla *ZT*.

Dla zadań transportowych opracowano jedne z najprostszych sposobów optymalizacji. Ale nie można tego powiedzieć o postoptymalizacji, albowiem do *ZT* nie można stosować standardowych procedur postoptymalizacyjnych typowych dla programowania liniowego. Nie można, ponieważ tam bada się głównie tzw. zmiany rozłączne [s. 19] np. prawych stron warunków ograniczających. Taka analiza jest w przypadku *ZT* z góry chybiona, gdyż są to tzw. zdegenerowane zagadnienia programowania liniowego [Uwaga 6, s. 34]. Bez należytej ostrożności i analizy problemu, można łatwo popełnić błędy wynikające właśnie z chęci zastosowania uznanych, standardowych procedur programowania liniowego, które do *ZT* po prostu się nie nadają. Tego typu trudności, a zarazem interesujące aspekty matematyczne postoptymalizacji zadania transportowego – były (jak się wydaje) motywacją do podjęcia tematyki rozprawy doktorskiej.

### **Główny problem badawczy. Cele oraz hipotezy naukowe rozprawy**

Kluczowy problem badawczy został w pracy sformułowany w postaci pytania, trochę niejednoznacznego: Jak należy właściwie wykonywać post-optymalizację zarówno dla klasycznych zagadnień transportowych jak i uogólnionych zagadnień transportowych, tak by było to w miarę proste? Ale ta niejednoznaczność znika, gdy Autor formułuje w trzecim rozdziale pracy [s. 16] osiem naukowych celów pracy, spośród których należy zwrócić baczniejszą uwagę na następujące:

1. Wskazanie problemów interpretacyjnych dotyczących zawodnego stosowania standardowych procedur postoptymalizacyjnych dla zdegenerowanych zagadnień programowania liniowego (w szczególności *ZT* i *UZT*) w zakresie braku poprawnej interpretacji i niejednoznaczności uzyskiwanych wyników oraz wskazanie błędów typowego oprogramowania, [4.3 – 4.4].
2. Identyfikacja przyczyn zawodności standardowych procedur postoptymalizacyjnych i opisanie jej w języku przestrzeni wektorów (w pracy nazwano je wektorami bilansującymi) ortogonalnych do przestrzeni rozpiętej na kolumnach macierzy lewych stron warunków ograniczających, [s. 29]. Taka poprawna identyfikacja owych przyczyn zawodności procedur - pozwala przenosić uzyskane wyniki na inne zdegenerowane zagadnienia programowania liniowego (np. *UZT*), [4.3.2].
3. Propozycja nowego narzędzia w postaci *macierzy cen dualnych (MCD)*, które pozwala dla *ZT* i *UZT* uzyskiwać postoptymalizację jednoznaczną, o prostej i poprawnej interpretacji, [4.5].
4. Wykorzystanie już poprawnej analizy postoptymalizacyjnej do rozwinięcia tzw. „podejścia menadżerskiego” do analizy dynamiki sieci transportu dóbr rolniczych, [4.5.8, 4.6.2, 4.6.5].
5. Pokazanie, że nowe autorskie narzędzie daje się także zastosować do szerszej gamy zagadnień; w szczególności w pracy pokazano to na przykładach uogólnionego zadania transportowego V i VI rodzaju oraz wieloetapowego zadania transportowego, [4.6].

Recenzent miał pewien problem ze znalezieniem w tekście pracy zapisanych *explicite* hipotez naukowych. Na zadane w tej kwestii pytanie Autor odpowiedział - formułując dwie podstawowe tezy - zbliżone w treści i formie do zapisu niektórych celów pracy [s. 16]. Oto owe tezy, które określają, co ma być dowiedzione w pracy:

1. „Standardowe procedury postoptymalizacyjne zawodzą dla zdegenerowanych zagadnień programowania liniowego (w szczególności zagadnień transportowych i uogólnionych zagadnień transportowych)”.

2. „Specyfika zagadnienia transportowego pozwala przeprowadzać jego optymalizację znacznie szybciej niż innych zagadnień programowania liniowego (np. poprzez algorytm transportowy). Można spróbować przenieść te i inne korzystne własności zagadnień transportowych na proces ich postoptymalizacji oraz pokazać, że da się rozszerzyć uzyskane wyniki dla innych zagadnień, w tym uogólnionych zagadnień transportowych V i VI rodzaju oraz dostosować wyniki do innych problemów inżynierii rolniczej”.

Recenzent uznaje powyższe określenia głównych tez rozprawy i nie będzie upierał się, że w rozprawie powinny być zapisane takie sformułowania, które wprost uznalibyśmy za „tezy naukowe” rozprawy. Bywają prace, gdzie stawia się cele naukowe, które same w sobie są tezami do udowodnienia - czytaj - zrealizowania. W tej pracy tak właśnie jest.

### Syntetyczny przegląd zawartości rozdziałów pracy

Dla pełniejszego opisu rozprawy recenzent sporządził niewielkie streszczenia rozdziałów pracy, między innymi po to, by pokazać bogactwo problemów i wysiłek włożony przez Autora w ich rozwiązywanie.

Rozprawa doktorska Pana Sz. Ignaciuka składa się z ośmiu części nazwanych rozdziałami, chociaż według mnie można było zrezygnować z nadawania numerów rozdziałom:

1 - „Podstawowe pojęcia i oznaczenia”, s. 6-8;

5 - „Podsumowanie”, s. 109-112;

6 - „Wnioski”, s. 113-114;

7 - „Wykaz rysunków i tabel”, s. 115-116;

8 - „Literatura”, s. 117-122.

**Wstęp** [rozd. 2, s. 9-15] został podzielony na trzy części (nadano im rangę podrozdziałów) w których kolejno opisano:

- podrozdz. 2.1 - „Metodykę badań” [s. 9], gdzie wymieniono trzy metody stosowane przez Autora w postoptymalizacji dla *ZT* i *UZT*; są to:

- znane metody programowania liniowego;
- autorska metodyka macierzy cen dualnych;
- rozwijane przez autora podejście menadżerskie.

- podrozdz. 2.2 - „Zakres zastosowań uzyskanych wyników” [s. 9-10], gdzie opisano wagę poruszanej w rozprawie problematyki oraz możliwość wykorzystania uzyskanych w pracy wyników. W tym celu wymienione zostały problemy i modele odnoszące się do *ZT*;

- podrozdz. 2.3 - „Rezultaty pracy na tle literatury” [s. 10-15], gdzie Autor wskazał zauważone Autora niedostatki i braki w literaturze, tak polskiej jak i światowej w zakresie postoptymalizacji zdegenerowanych zagadnień programowania liniowego.

Rozdz. 3. „**Cel pracy**” [s. 16-17] - dokonano tutaj uszczegółowienia sformułowanych w podrozdz. 2.3 **celów naukowych rozprawy** (wymieniono je wyżej w tej recenzji).

Rozdz. 4. „**Analiza postoptymalizacyjna jako narzędzie wspomagające decyzję analityka**” [s. 18-108]. To główny rozdział rozprawy mający rozbudowaną strukturę podziału treści. W tej części pracy zauważymy zdecydowaną większość wysiłków Autora włożonych w realizację celów naukowych, które sobie ambitnie postawił.

Podrozdz. 4.1. „**Uściślenie terminów analiza wrażliwości i postoptymalizacja**” [s. 18-20]. Podane zostały tutaj ściśle definicje terminów „**analiza wrażliwości**”, rozumianej w pracy jako badanie zmian *pojedynczych* parametrów modelu [cyt. Busłowski 2000 s. 59] *o jedną jednostkę* oraz postoptymalizacja (analiza postoptymalizacyjna) jako badanie modelu pierwotnego w zakresie zmian wymienionych przez Autora.

Podrozdział 4.2. „**Znaczenie analizy wrażliwości**” [s. 20-22] w którym wyróżniono analizę wrażliwości spośród analizy postoptymalizacyjnej ze względu na:

- jej użyteczność (informuje o efektach zmiany pojedynczego parametru modelu);
- wszechstronność (daje odpowiedzi z zakresu analizy stabilności i analizy przedziałowej);
- prostotę w otrzymaniu, w oparciu o tablice algorytmu simpleks.

Paragrafy 4.2.1 i 4.2.2. Omówiono tutaj problemy ze stosowaniem narzędzi programistycznych dla *ZT* i *UZT* ze względu na stwierdzone w literaturze niedostosowanie tychże narzędzi dla zagadnień zdegenerowanych.

Podrozdział 4.3. „**Problemy z analizą postoptymalizacyjną w zagadnieniach transportowych na przykładzie transportu mleka**” [s. 22-60].

W tej części rozprawy Autor buduje następujące elementy pracy:

- podaje formalną postać uogólnionych zagadnień transportowych, [4.3.1];
- opisuje zbilansowania w *UZT* i *ZT* – w języku przestrzeni wektorów ortogonalnych do kolumn macierzy lewych stron warunków ograniczających, [4.3.2];
- opisuje *ZT* jako szczególny przypadek *UZT* [4.3.3];
- formułuje serię modeli dla *ZT*, [4.3.4] oraz opisuje wybrane własności tych modeli [4.3.5].

Drugą część podrozdziału 4.3 poświęcono uzasadnieniu hipotezy o zawodności standardowych procedur postoptymalizacyjnych dla *ZT*, biorąc za przykład transport mleka odłuszczonego między zakładami produkcyjnymi a proskownikami. Wykazano tutaj:

- otrzymywanie wyników niejednoznacznych [4.3.6 i 4.3.7];
- brak praktycznej i poprawnej interpretacji tego faktu [4.3.7 i 4.3.8];
- brak analizy postoptymalizacyjnej dla algorytmu transportowego [4.3.9];
- zawodność oprogramowania, w tym parametrycznego programowania liniowego [4.3.10];
- błędy i niewystarczalność klasycznej analizy wrażliwości dla badania *ZT*, [4.3.11 i 4.3.12];
- fakt przenoszenia - zauważonych w 4.3.6 - 4.3.12 niedostatków - na niezbilansowane *ZT*, [4.3.13] i *UZT V* i *VI* rodzaju [4.3.14].

Podrozdział 4.4. „**Wybrane problemy postoptymalizacyjne ZPL przy liniowej zależności warunków ograniczających na przykładach z inżynierii rolniczej**” [s. 60-78].

Autor rozpoczyna od rozszerzenia uzasadnienia hipotezy ‘o zawodności standardowych procedur postoptymalizacyjnych’ także na inne, wybrane zdegenerowane zagadnienia programowania liniowego występujące w inżynierii rolniczej. Wykorzystuje w tym celu:

- tw. 1: o nieistnieniu poprawnej analizy wrażliwości dla zagadnień zdegenerowanych [4.4.1];
- definicje częściowych lub całkowitych zablokowań zmian parametru warunków ograniczających [4.4.4 i 4.4.5].

Rozważania przeprowadza Autor na przykładach:

- doboru asortymentu produkcji paszowej [przykł. 2, 4.4.3];
- zaopatrzenia w wodę [przykł. 3, 4.4.4];
- tworzenia mieszanki paszowej przez rolnika [przykł. 4, 4.4.5].

Na przykładach z podrozdz. 4.4 zaproponowane zostały **autorskie metody rozwiązania problemów z zawodną analizą postoptymalizacyjną**. [4.4-4.7]. Wskazano przy tym szereg prostych narzędzi dających poprawną postoptymalizację. Omówiono także przydatność:

- skalowania [4.4.3];
- zmiany kolejności wpisywanych warunków ograniczających [4.4.4];
- interpretacji graficznej [4.4.4];
- usuwania liniowo zależnego wiążącego warunku ograniczających z modelu [4.4.5];
- wykonania parametrycznego programowania liniowego dla modelu wejściowego w oparciu o model zmodyfikowany [4.4.5].

W paragrafie 4.4.5. (uwaga 10) Autor opisał kluczowe pojęcia pozwalające analitykowi spostrzec fakt, że ma do czynienia z problematyczną analizą wrażliwości. Wskazał proste,

praktyczne porady umożliwiające analitykom na dostrzeżenie i obejście w wybranych przypadkach często skomplikowanych i nie do końca zbadanych w literaturze problemów.

W podrozdziałach 4.5 i 4.6 [s. 78-103] kompleksowo przeprowadzono postoptymalizację dla  $ZT$ ,  $UZT V$  i  $VI$  rodzaju. Przeprowadzono pełną analizę wrażliwości jednego ze specjalnie zmodyfikowanych dla  $ZT$  modeli [4.3.4], a konkretnie modelu z usuniętym warunkiem ograniczającym dla odbiorcy nr 3 (modelu oznaczonego w pracy  $ZZT\_Odb_3$ ).

Następnie, na przykładzie transportu mleka z zakładów mleczarskich do proszkowni - w odniesieniu do wybranego odbiorcy nr 3 - dokonano następujących czynności:

- podano skutki zmian popytu u odbiorców [4.5.1];
- podano skutki zmian podaży u nadawców [4.5.2];
- omówiono zmiany jakim podlega łączną ilość przewiezionego mleka [4.5.3].

Czynności te pozwoliły na wprowadzenie i zinterpretowanie **macierzy cen dualnych** dla  $ZT$ .

W paragrafie 4.5.4 podano wzór opisujący macierz cen dualnych składającą się z wektorów cen dualnych odpowiadających modelom  $D\_ZZT\_Nad_i$  bądź  $D\_ZZT\_Odb_j$ .

W paragrafie 4.5.5 uproszczono wzór na utworzenie macierzy cen dualnych z wykorzystaniem jedynie jednego, dowolnego spośród wektorów cen dualnych dla modeli  $D\_ZZT\_Nad_i$  bądź  $D\_ZZT\_Odb_j$ .

W paragrafach 4.5.6 oraz 4.5.7. wykazano algebraiczne własności macierzy cen dualnych jako sumy macierzy symetrycznej i antysymetrycznej.

W 4.5.8 pokazano wykorzystanie macierzy cen dualnych jako narzędzia postoptymalizacji  $ZT$ . Autor sformułował sześć pytań problemowych i dał odpowiedzi; warto nadmienić, że część z nich nie była dotychczas formułowana w podręcznikach lub nie udzielano na nie odpowiedzi.

W tej części pracy sformułowano także **zasadę akcji-reakcji** [tw. 3, s. 91] wskazującą analitykowi transportu najlepszą odpowiedź na pojedynczo zmieniające się na rynku warunki podaży lub popytu. Wskazano również zasady tworzenia **rankingu nadawców i odbiorców** [Uwaga 18, s. 91], który ma pokazywać analitykowi metodykę priorytetowego traktowania kontrahentów sieci transportowej.

Następnie w [podrozdz. 4.6] przeniesiono wszystkie narzędzia i wyniki uzyskane dla  $ZT$  na  $UZT V$  i  $VI$  rodzaju. Przyjmując (dla danych z przedsiębiorstw z przykładu 1, s. 39), że **transport mleka odbywa się flotą o zróżnicowanej pojemności przy zindywidualizowanych jednostkach umownych dla uczestników transportu**, pokazano (przykład 5, s. 93) przejście od modelu  $ZZT1$  do analizowanego dalej modelu  $UZZT_5$ . Sformułowano postać macierzy cen dualnych [4.6.1] dla  $UZT V$  rodzaju.

W paragrafie 4.6.2 Autor przedstawił m. innymi związek pomiędzy postoptymalizacją dla  $ZT$  oraz stowarzyszonego z nim  $UZT V$  rodzaju, gdzie pierwsze z tych zagadnień można interpretować jako idealizację drugiego. Podobna, choć bardziej skomplikowana relacja łączy post-optymalizację dla  $ZT$  oraz stowarzyszonego z nim  $UZT VI$  rodzaju.

W paragrafie 4.6.3 podano wyniki ogólniejsze – m. inn. wzory na macierz cen dualnych dla  $UZT VI$  rodzaju i jej wykorzystanie w odpowiedzi na pytania postoptymalizacyjne [4.6.5].

W paragrafach 4.6.1 i 4.6.4 zasygnalizowano sposób przejścia – z wykorzystaniem rozkładu  $SVD$  – od modeli  $UZT V$  i  $VI$  rodzaju do stowarzyszonych z nimi  $ZT$ .

W rozdz. 4.6.6 Autor opisał, jak za pomocą dekompozycji daje się zastosować nowe narzędzie również dla wieloetapowych zagadnień transportowych; dotychczas nie podejmowano dla tych zagadnień prób postoptymalizacji.

### Główne wyniki rozprawy

Autorowi udało się zrealizować sformułowane w rozdziale 3 cele pracy. Każdy z nich omówiono na przykładach z zakresu inżynierii rolniczej; główny przykład dotyczy transportu odtuszczonego mleka z zakładów mleczarskich do proszkowni, [Przykł. 1, s. 39].

Za **główny wynik** pracy należy uznać opracowanie metodyki **poprawnej i szerokiej postoptymalizacji dla klasycznego zagadnienia transportowego oraz uogólnionych zagadnień transportowych V i VI rodzaju**.

Dokonano tego poprzez wprowadzenie **nowego narzędzia analizy** - łatwej w konstrukcji **macierzy cen dualnych**, nadanie mu interpretacji i wskazanie sposobów korzystania z niego. Uzyskano przy tym szereg wartościowych wyników szczegółowych, między innymi:

1. Rozwinięto podejście menadżerskie przydatne analitykom transportu, zaproponowane przez Arshana [1992], Koltai i Terlaky'ego [2000] oraz Koltai i Tataya [2011].
2. Sformułowano nowe pytania jakie może zadać analityk i wskazano sposób uzyskania poprawnych odpowiedzi, [4.3.8, 4.3.12, 4.5.8, 4.6.2, 4.6.5].
3. Wyjaśniono zasadę doboru najlepszej reakcji na tzw. akcję pobudzającą system transportowy. Reakcją jest dobór optymalnego współpartnera, u którego należy zwiększyć lub zmniejszyć podaż lub popyt, aby zapewnić najtańszy obrót towaru. Akcja pobudzająca, to zmiana podaży/popytu u jednego z nadawców/odbiorców), [Twierdz. 3, s. 91].
4. Opisano przykład tworzenia rankingu kontrahentów transportu pod względem najbardziej optymalnych reakcji systemu [Uwaga 18, s. 91].

### **Wyniki rozprawy na tle literatury przedmiotu**

Dobrze oceniam dyskusję autora z wynikami innych badaczy; tę pożyteczną część rozprawy znajdziemy w podrozdziale [2.3, s. 10 i n.].

Autor zaczął od wskazania miejsca problematyki transportu (szczególnie w zakresie inżynierii rolniczej) w literaturze naukowej. Następnie krótko naświetlił historię badań operacyjnych. Później przedstawił obszerny opis wyników z zakresu zdegenerowanych zagadnień programowania liniowego. Podzielił przy tym opis na trzy części.

W pierwszej przedstawił te prace, w których dostrzeżono fakt, że analiza postoptymalizacyjna dla zdegenerowanych zagadnień programowania liniowego jest innym problemem niż ta w przypadku braku zdegenerowania; ale też w tych pracach nie wnika się w ten problem. Tak postępował m. innymi Dantzig, który analizował problem, ale odnosił się do konkretnych przykładów, nie podając ogólnej zasady dającej się zastosować we wszystkich zdegenerowanych przypadkach. Zalecał przy tym twórca programowania liniowego – wykonanie parametrycznego programowania liniowego, to zaś wymaga znajomości ekonomicznie uzasadnionych wektorów zmian prawych stron warunków ograniczających, co powoduje jednak, że powstaje błędne koło pytań bez odpowiedzi. Z kolei na przykład Busłowski w ogóle odradzał postoptymalizację dla zagadnień zdegenerowanych.

W części drugiej opisu wyników innych badaczy, zawarł Autor krótkie charakterystyki prac zajmujących się wyłącznie analizą postoptymalizacyjną zagadnień zdegenerowanych. W tego rodzaju pracach znalazł Autor potwierdzenie dla jednej z hipotez roboczych swojej rozprawy, mówiącej o tym, że standardowe procedury postoptymalizacyjne zawodzą w przypadkach degeneracji. Analizując ten obszar badań i odpowiadającą im literaturę, wyróżnił Autor kwestie i problemy naukowe, które korespondują z wynikami jego pracy doktorskiej. Chodzi tutaj między innymi o:

1/ **Różnice pomiędzy podejściem menadżerskim, a matematycznym** do kwestii analizy postoptymalizacyjnej [Arshan 1992; Koltai i Terlaky 2000; Koltai i Tatay 2011].

2/ **Niejednoznaczność analizy postoptymalizacyjnej**, która postawiła pod znakiem zapytania zasadność stosowania procedur postoptymalizacyjnych. Można to wyrazić w pytaniu: „Które rozwiązanie wybrać nawet jeśli wiadomo, że jest nieskończenie wiele rozwiązań w modelu dualnym?” Tą niejednoznaczność wykazywali m.in. Jensen i in. [1997]

3/ **Problemy z oprogramowaniem**, które nie jest przygotowane do wykonania analizy postoptymalizacyjnej dla zagadnień zdegenerowanych, które są bardzo częste.

Następnie Autor omówił te wyniki i prace, w których dostrzegł **niedostatki** z zakresu analizy postoptymalizacyjnej zagadnień zdegenerowanych; podzielił te prace na trzy grupy:

1) Prace w których badacze poprawnie prowadzą analizę postoptymalizacyjną dla określonego wektora zmian np. prawych stron warunków ograniczających. Zarazem nie podają ekonomicznego i matematycznego uzasadnienia wedle których wektory zmian prawych stron warunków ograniczających powinny zostać w ogóle wybrane. Natomiast w recenzowanej rozprawie uzasadnienie takie zamieścił Autor w rozdziale „Zbilansowanie w modelach uogólnionych zagadnień transportowych V i VI rodzaju” [4.3.2 s. 29], gdzie wszystko objaśniane jest w języku przestrzeni wektorów ortogonalnych, a następnie przetłumaczone na język zbilansowania, najczęściej spotykany w zagadnieniach transportowych. Autor pokazuje też procedurę optymalizującą to bilansowanie.

2) Prace w których badacze nie dostrzegają dalszych możliwości rozwijania postoptymalizacji w zakresie podejścia menadżerskiego.

3) Prace ogólne, które nie odnoszą się do specyfiki takich zagadnień jak *ZT* czy *UZT*.

W trzeciej części przeglądu literatury zamieszcza Autor opis prac dotyczących analizy postoptymalizacyjnej, dedykowanych specjalnie dla *ZT*. Należy przy tym podkreślić, że dotychczas autorzy poświęcają mało uwagi postoptymalizacji jedynie *ZT*, a dla uogólnionych czy wieloetapowych zagadnień transportowych w ogóle prac nie ma. Dla *ZT* autorzy zwracają uwagę na proste wektory zmian pary parametrów prawych stron warunków ograniczających, lecz nie podają przy tym ekonomicznego i matematycznego uzasadnienia, którą dodatkową zmianę należy do pary dobrać np. w przypadku jedynie spadku podaży u wskazanego dostawcy. Przez to całość ich rozważań wydaje się intuicyjna, co ogranicza przydatność tych analiz. Autor recenzowanej rozprawy wymienia pracę Sikory [2005] jako jedną z najlepszych w tym zakresie. Ale w tej pracy brak badania matematycznych własności *ZT* w kontekście przestrzeni wektorów ortogonalnych [s. 29]. Natomiast Autor recenzowanej rozprawy przeprowadza tego typu badanie. To pozwoliło mu skonstruować macierz cen dualnych, która jest jednym z ważniejszych wyników recenzowanej rozprawy.

I na koniec - należy zwrócić uwagę na prace Arshama, który dostrzegł potencjał tkwiący w zdegenerowaniu zagadnień transportowych w postaci analizy typu: „więcej za mniej”, [Arshan 1992 „*The more for less (MFL) analysis*”]. Analiza *MFL* cechuje podejście menadżerskie rozwijane w recenzowanej rozprawie [4.5.8, 4.6.2, 4.6.5, 4.7].

### 3. Ocena struktury, redakcji i języka rozprawy

Konstrukcja rozprawy jest zasadniczo poprawna, jednak nie tak często spotyka się prace wielorozdziałowe w których jeden z rozdziałów (prawda, że zasadniczy dla rozprawy) tak dominuje ilościowo – tutaj stanowi on (74-79) % objętości tekstu rozprawy. Tenże rozdział – co przy takiej konstrukcji rozprawy oczywiste – jako jedyny ma strukturę wielu podrozdziałów.

Rozmieszczenie materiału i sposób narracji autora powodują pewne trudności w „ogarnięciu” i rozumieniu treści przez czytelnika. Autor ma tego świadomość, daje bowiem czytelnikom trochę nietypowe zalecenie [s. 8]: „Dla lepszego zrozumienia trudnych partii materiału pojawiających się w tekście zaleca się rozpocząć lekturę pracy od podsumowania znajdującego się w rozdziale 5”. Pewnym usprawiedliwieniem takiej, a nie innej redakcji tekstu rozprawy jest jej tematyka wymuszająca znaczną oszczędność „leksykalną”, na rzecz zmatematyzowanej formy opisu analizowanych problemów.

Dobre wrażenie robią natomiast aspekty techniczne tekstu rozprawy, w szczególności przemyślane stosowanie czcionki bold, kursywy oraz podkreśleń, które ułatwiają rozróżnianie kwestii istotnych od mniej istotnych.

Język pracy nie budzi większych zastrzeżeń, co nie znaczy, że Autor uniknął drobnych usterek natury stylistycznej oraz interpunkcyjnej. Uchybienia te wskazałem Autorowi i zasugerowałem ewentualne usunięcie.

#### 4. Uwagi i komentarze

Nie ma opracowań wolnych od błędów. W recenzowanej rozprawie też się znalazły i właśnie o nich będzie mowa. Właściwie chodzi nie tyle o błędy, ale zauważone przez recenzenta uchybienia, słabości i potknięcia różnego rodzaju. O wszystkich poinformowałem Autora, który zgodził się z moją opinią w tym względzie, a także wyjaśnił okoliczności i przyczyny powstania większości z nich.

Oto ważniejsze z niedociągnięć, które zauważono w trakcie czytania pracy.

1. Jak już wcześniej pisałem, hipotezy naukowe rozprawy nie są *explicite* sformułowane i umieszczone na początku rozprawy, czego zazwyczaj oczekuje się w opracowaniach naukowych. Natomiast można ich treści wyczytać z podrozdziału 2.3 opisującego rezultaty pracy na tle literatury [s. 10] oraz rozdziału 3 opisującego cele pracy [s. 16].
2. Liczba pozycji literatury przedmiotu mogłaby być większa. W podrozdziale 2.3, s. 10 Autor rozprawy komentuje wyniki badań zamieszczone w tych publikacjach, gdzie analiza postoptymalizacyjna zagadnień zdegenerowanych przeprowadzana była przynajmniej w części poprawnie, albo autorzy choćby dostrzegali jej trudność pozostawiając ją do przestudiowania czytelnikowi. Wydaje się, że Autor mógł zacytować także te publikacje (książki, artykuły naukowe), w których problem degeneracji jest w ogóle niedostrzegany lub ignorowany. A tych pozycji jest znacznie więcej. Być może Autor powinien także bardziej stanowczo i krytycznie odnieść się do krajowych pozycji dydaktycznych z zakresu badań operacyjnych lub programowania liniowego. Albowiem niedostatki i przemilczenia na temat chociażby standardowych procedur analizy postoptymalizacyjnej dotyczą w zasadzie większości rodzimej literatury.
3. Wydaje się, że Autor rozprawy niewyraźnie zaakcentował zasadnicze różnice pomiędzy dotychczasowymi pracami dotyczącymi analizy postoptymalizacyjnej dedykowanymi specjalnie dla *ZT*, a swoimi wynikami. Namawiam Autora do takiej akcentacji, bo przewiduję, że mogłoby to dać rozprawie dodatkowy walor.
4. Zauważalnym mankamentem jest w pracy brak rozdziału, w którym zamieszczono by w jednym miejscu „algorytm” kolejnych kroków postoptymalizacji w *ZT* lub *UZT*, a które opisane są w różnych rozdziałach tej dość obszernej pracy, przez co traci na tym jej przejrzystość.
5. W pracy dostrzega się niekiedy brak szczegółowości tam, gdzie być powinna - na przykład w odniesieniu do modelu *UZT VI* rodzaju, gdzie od macierzy  $L$  wymaga się jedynie nieosobliwości. Wydaje się, że Autor nie chciał powiększać i tak dużej objętości pracy.

Na zakończenie tej części recenzji wypada dodać, że Autor rozprawy zechce w przyszłości wyeliminować wskazane i niewskazane słabości pracy, ale też wykorzysta duży potencjał tkwiący w podjętej tematyce.

#### 5. Wniosek końcowy

Biorąc pod uwagę wszystkie ustalenia, uwagi, komentarze, a przede wszystkim oceny zawarte w tej recenzji – uważam, że opiniowana rozprawa doktorska Pana Szymona Gabriela Ignaciuka pt. „Procedury postoptymalizacyjne wybranych zagadnień transportowych w inżynierii rolniczej” – spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez Ustawę z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2014 r. poz. 1852 ze zm.) oraz Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 30 października 2015 r. w sprawie szczegółowego trybu przeprowadzania czynności w przewodach doktorskim i habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu naukowego (Dz. U. z 2015 r. poz. 1842).

W związku z tym wnioskuję o jej przyjęcie i dopuszczenie do publicznej obrony.

