

Andrzej Wolfenburg  
Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Gorzowie Wielkopolskim

## Minimalizacja kosztów związanych z opóźnieniami pociągów w obszarach sieci kolejowej

Koszty opóźnień pociągów które są ponoszone przez klientów kolei były w niewielkim stopniu zauważane i uwzględniane przez samą kolej. Dotyczy to zarówno opóźnień pociągów pasażerskich jak i towarowych. Sytuacja ta zmieniła się, ze względu na wejście w życie przepisów rozporządzenia nr 1371/2007 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007 roku w sprawie praw i obowiązków pasażerów w ruchu kolejowym, którego kolejne przepisy zaczęły obowiązywać od 1 lipca 2011 roku. Dotyczy to art. 17, który zapewnia osobom korzystającym z usług przewoźników kolejowych odszkodowanie pieniężne w przypadku opóźnień pociągów. Skutki opóźnień pociągów spółki Intercity nie są już tylko ponoszone przez klientów kolei, ale dotyczą samego przewoźnika.

### Szacowanie kosztów opóźnień pociągów pasażerskich

#### *Koszty nie refundowane przez przewoźnika*

Wartość jednej minuty opóźnienia odpowiada stratom jakie ponoszą strony uczestniczące w procesie transportowym w stosunku do sytuacji, w której takie opóźnienie nie wystąpiłoby. Oczywiście wartość tej jednostkowej straty może zależeć także od wartości samego opóźnienia. Małe opóźnienia (rzędu pojedynczych minut) przeważnie nie wywołują poważnego skutku ekonomicznego w postaci w postaci naruszenia terminu dostarczenia towarów, czy utraty połączeń na stacjach węzłowych.

Takie małe opóźnienia mogą być łatwo zniwelowane przez zastosowanie skróconych czasów jazdy, czy skróconych czasów postojów opóźnionego pociągu. Większe opóźnienia mogą wywoływać poważne skutki. Dla pasażerów może to być utrata skomunikowań, a więc znaczne wydłużenie czasów podróży. Dla towarów może nastąpić przekroczenie terminu dostawy towarów, a więc konieczność zapłacenia kar umownych, czy utrata wiarygodności jako dostawcy.

W naszych warunkach istotne jest chociaż zgrubne oszacowanie wartości jednej minuty opóźnienia pociągu danej kategorii. W tym celu autor zastosował metodę substytucji omówioną w pracy [1]. W ruchu pasażerskim przyjmuje się w tej metodzie, że czas stracony na opóźnienia ma wartość równą wartości zarobków, które w tym czasie mogłyby być uzyskane przez pasażera lub w przypadku, a gdyby pasażer nie zamierzał wykorzysta tego czasu na działalność zarobkową, stanowi wartość czasu wolnego przez niego ocenianą, którą pasażer utracił.

W przypadku ruchu towarowego, towary docierają do odbiorcy z opóźnieniem, dlatego, aby zachować ciągłość produkcji musi on dysponować rezerwami magazynowymi, których utrzymanie kosztuje.

Dla zarządcy struktury opóźnienie jednego z pociągów może prowadzić do opóźnienia innych pociągów, zakłócić obrót taboru, plan pracy drużyn konduktorskich i trakcyjnych, a więc wywołać dalsze straty. W celu powstrzymania propagacji opóźnień dyspozytor podejmujący decyzje dotyczące regulacji ruchu musi kierować się odpowiednią instrukcją (Ir-1), która mówi, że opóźnione pociągi należy wyprawiać z takim wyliczeniem, aby pociągi jadące z rozkładem jazdy nie doznawały opóźnień. Poprzednia instrukcja R-1 zawierała jeszcze zapis, że kolizje (konflikty) między pociągami powinny być rozwiązywane zgodnie z priorytetami (stopniami pierwszeństwa) przyporządkowanymi do poszczególnych pociągów. W instrukcji R-1 sformułowano także ważne odstępstwo od tej zasady: „... od zasady tej można odstąpić (...), gdy nieznaczne i nieszkodliwe opóźnienie pociągów wyższego stopnia przyczyni się do wydatnego zmniejszenia opóźnień pociągów niższego stopnia”. Aby dyspozytor czy system komputerowy go wspomagający mógł minimalizować opóźnienia pociągów, musi mieć możliwość stosowania tej zasady, dlatego należy rozważyć jej przywrócenie.

Obecnie żaden przewoźnik nie jest obligowany do wypłaty odszkodowań w przypadku opóźnień pociągów pasażerskich do 1 godziny. Oszacujmy jaka jest wartość 1 minuty opóźnienia dla pasażera w przypadku opóźnienia pociągu z tego zakresu. W celu wyliczenia wartości brutto minuty opóźnienia

pociągu pasażerskiego stosując metodę substytucji poprzez wyliczenie wartości utraconych zarobków, gdyby podróżny mógł zająć się pracą zarobkową w czasie równym wartości czasu opóźnienia pociągu, należy przyjąć przeciętne wynagrodzenie miesięczne brutto w gospodarce narodowej, które w 2010 roku wynosiło 3224,98 zł<sup>1</sup>. Założono także, że przeciętna liczba godzin pracy w ciągu roku dla pracownika gospodarki narodowej wynosiła około 2000 (bez uwzględnienia urlopów)<sup>2</sup>.

Stąd wartość jednej minuty pracy dla takiego pracownika:

$$w_p = 12 * 3224,98 / (2000 * 60) = 0,32 [PLN / min]$$

Dla pociągu R który przewozi  $n=87.6$  pasażerów w wieku produkcyjnym (średnie zapelnienie pociągu spółki PR za 11 miesięcy 2011<sup>3</sup>), cena jednej minuty opóźnienia  $w_i$  będzie wynosić:

$$w_i = n * w_p = 87.6 * 0,32 = 17,52 [PLN]$$

Przy oszacowaniu cen opóźnienia minuty pociągów pasażerskich innych kategorii niż R (pomińmy pociągi EC i EN ze względu na ich niewielki udział procentowy) należy także uwzględnić współczynnik  $c_k$  stanowiący stosunek ceny biletów w kl. 2 w tych pociągach do ceny biletu w pociągu R na średnią odległość przewozu jednego pasażera, która w ciągu 11 pierwszych miesięcy roku 2010 wynosiła 75,4 km<sup>3</sup>. Należy także uwzględnić średnie zapelnienie pociągów tych kategorii<sup>3</sup>. W pociągach kwalifikowanych, w których podróżni zapłacili więcej za kilometr niż w pociągu R (osobowym), oczekują oni, że będzie to miało wpływ na większą punktualność ich pociągów.

W tabeli 1 podano odpowiednie ceny biletów 2 klasy na tę odległość według cen w połowie roku 2011<sup>4,5</sup> (przy uwzględnieniu ceny obowiązującej miejscówki w pociągach Ex/EIC przyjęto średnią cenę miejscówki 14,25 zł), wyliczone współczynniki  $c_k$  oraz umowne ceny minuty opóźnienia pociągów pasażerskich różnych kategorii.

Tab. 1. Cena minuty opóźnienia pociągów pasażerskich różnych kategorii dla średniej odległości przewozu pasażera.

| Numer kategorii $k$              | 1     | 2     | 3     | 4      |
|----------------------------------|-------|-------|-------|--------|
| Kategoria pociągu                | R     | IR/RE | TLK   | Ex/EIC |
| Cena biletu 2 kl. [zł]           | 15,60 | 18,50 | 20,50 | 57,25  |
| Współczynnik $c_k$               | 1,00  | 1,19  | 1,31  | 3,67   |
| Średnie zapelnienie pociągu      | 87,6  |       | 174,5 |        |
| Cena 1 min. opóźnienia poc. [zł] | 17,52 | 20,85 | 45,72 | 128,08 |

Źródło: opracowanie własne.

Zaskakuje duża wartość współczynnika  $c_k$  dla pociągów EIC/Ex, które dla średniej odległości przewozu pasażera równej 75,4 km są bardzo drogie, dlatego system optymalizacji powinien uwzględniać wysoką cenę biletu, którą płaci pasażer w tych pociągach, zmniejszając opóźnienia tej kategorii pociągów, kosztem zwiększania opóźnień pociągów innych kategorii. Dyskusyjnym jest uzależnienie ceny minuty opóźnienia danego pociągu od liczby przewożonych pasażerów (nominalnej czy rzeczywistej). Pasażer pociągu Ex/EIC, który zapłacił więcej za bilet niż pasażer pociągu niższej kategorii będzie miał mniejsze szanse na uniknięcie opóźnień jeżeli jego pociąg jest złożony z małej liczby wagonów (jedzie nim mało pasażerów), niż jeżeli byłby złożony z większej liczby wagonów (jedzie nim więcej pasażerów). Uwzględnienie we wskaźniku jakości liczby pasażerów jadących w pociągach podważałoby więc zastosowanie zasady substytucji i chyba również sprawiedliwości społecznej.

### ***Koszty refundowane przez przewoźnika***

Jak już wspomniano, od połowy 2011 roku obowiązują na polskich kolejach rozporządzenie ministra infrastruktury pozwalające pasażerowi uzyskanie odszkodowania pieniężnego za opóźnienie najważniejszych

<sup>1</sup>[http://www.inwestycje.pl/polska/makroekonomia/gus\\_\\_przecietne\\_wynagrodzenie\\_wzroslo\\_do\\_3224\\_98\\_zl\\_w\\_2010\\_r\\_";116001;0.html](http://www.inwestycje.pl/polska/makroekonomia/gus__przecietne_wynagrodzenie_wzroslo_do_3224_98_zl_w_2010_r_)

<sup>2</sup> [http://www.prawo-pracy.pl/czas\\_pracy\\_w\\_2010\\_roku-a-316.html](http://www.prawo-pracy.pl/czas_pracy_w_2010_roku-a-316.html)

<sup>3</sup> [http://www.utk.gov.pl/portal/pl/155/634/Rynek\\_transportu\\_kolejowego\\_Wyniki\\_przewozowe\\_styczen\\_\\_listopad\\_2010.html](http://www.utk.gov.pl/portal/pl/155/634/Rynek_transportu_kolejowego_Wyniki_przewozowe_styczen__listopad_2010.html)

<sup>4</sup> [http://www.przewozyregionalne.pl/img\\_in//TPR/TPR20091213.pdf](http://www.przewozyregionalne.pl/img_in//TPR/TPR20091213.pdf)

<sup>5</sup> [http://www.intercity.pl/pubfile/rozklad\\_2011/Cennik%20us%C5%82ug%20PKP%20Intercity%20SA%20od%2001\\_09\\_2011.pdf](http://www.intercity.pl/pubfile/rozklad_2011/Cennik%20us%C5%82ug%20PKP%20Intercity%20SA%20od%2001_09_2011.pdf)

pociągów kwalifikowanych Ex i EIC. Jeśli pociąg spóźni się od 60 do 119 minut, pasażer będzie mógł domagać się 25 proc. ceny biletu. Natomiast w przypadku opóźnienia wynoszącego 120 minut lub więcej przewoźnik będzie musiał zwrócić pasażerowi 50 proc. ceny biletu. Na bazie tego rozporządzenia będzie można dokładniej oszacować średnie koszty jakie poniesie przewoźnik za opóźnienie 1 minuty pociągów tych kategorii.

W pierwszych trzech kwartałach 2011 roku średnia odległość w przewozach międzywojewódzkich wynosiła 223,3 km<sup>6</sup>, natomiast średnie zapelnienie w pociągach spółki Intercity wynosiło 175,5 osób/poc<sup>7</sup>.

Poniżej w tabeli 1 podano oszacowanie kosztów opóźnienia pociągów Ex i EIC spółki Intercity związane z potencjalną wypłatą odszkodowań pasażerom. Obecnie tylko niewielka część pasażerów domaga się odszkodowań. W miarę upływu czasu, gdy znajomość przepisów dotyczących odszkodowań stanie się powszechna udział pasażerów, którzy będą domagali się odszkodowania, będzie sukcesywnie wzrastał.

Szacunkowo przyjęto średnie opóźnienie pociągów Ex i EIC z pierwszego zakresu za 90 minut, a z drugiego zakresu za 150 minut. W przypadku uzyskania dokładniejszych danych od spółki Intercity, co do wartości średniego opóźnienia dla pociągów tych kategorii dla poszczególnych zakresów czasów opóźnień szacowanie to będzie można znacznie poprawić.

Tab. 2. Potencjalne koszty opóźnienia pociągów różnych kategorii spółki Intercity.

| Kategoria pociągu                                    | Ex    | EIC    |
|------------------------------------------------------|-------|--------|
| Cena biletu 2 kl. [zł] na średnią odległość przewozu | 96,50 | 100,00 |
| Uśredniony koszt opóźnienia poc. 60-119 min. [zł]    | 4 234 | 4 388  |
| Uśredniony koszt opóźnienia poc. ponad 119 min. [zł] | 8 468 | 8 775  |

Zródło: opracowanie własne.

Z powyższych danych zawartych w tabeli wynika, że przy opóźnieniach ponad dwie godziny pociągu EIC, koszty te sięgają niewiele poniżej 9 000 zł/poc i stanowią 50% dochodu ze sprzedaży biletów na ten pociąg. Mogą to być więc koszty znaczne, jeżeli kolej nie ograniczy znacznie opóźnień pociągów ponad 1 godzinę, a zwłaszcza ponad 2 godziny.

Porównajmy obecnie wartość potencjalnych zarobków (0,32 zł/min) z kosztem 1 minuty refundowanej z zakresu opóźnienia od 1 – 2 godzin przykładowo dla pociągu Ex uśredniając wartość opóźnienia z tego zakresu do 90 minut.

$$96,50/(4*90)=0,27 \text{ [zł]}$$

a także powyżej dwóch godzin, uśredniając (szacunkowo) wartość opóźnienia na 150 minut:

$$96,5/(2*150)=0,32 \text{ [zł]}$$

Przy opóźnieniach do 2 godzin pociągu Ex odszkodowanie nie kompensuje w pełni wartości potencjalnych zarobków, natomiast odszkodowanie (1/2 ceny biletu) ponad 2 godz. w przybliżeniu kompensuje wartość potencjalnych zarobków. Autor zdaje sobie sprawę, że ze względu na niekompletność danych źródłowych wyniki obliczeń mogą być obciążone znacznym błędem i należy traktować je jako szacunkowe. Czytelnik, który dysponuje dokładniejszymi danymi, może je powtórzyć uzyskując dokładniejsze wyniki.

### Szacowanie kosztów opóźnień pociągów towarowych

Przejdźmy teraz do oszacowania ceny opóźnienia jednej minuty pociągu towarowego na przykładzie pociągu przewożącego towary użyte bezpośrednio do produkcji. W celu zniwelowania opóźnień pociągów dostarczających zamówione towary, przedsiębiorstwo musiałoby uzyskać towar czy surowiec zastępczy, który byłby wykorzystywano do produkcji do momentu przybycia opóźnionego towaru czy produktu. Koszty takiego rozwiązania da się oszacować przy przyjęciu pewnych założeń początkowych. Na początku należy

<sup>6</sup> [http://www.utk.gov.pl/portals/pl/155/613/Funkcjonowanie\\_rynk\\_u\\_transportu\\_kolejowego\\_w\\_Polsce\\_\\_III\\_kwartaly\\_2010.html](http://www.utk.gov.pl/portals/pl/155/613/Funkcjonowanie_rynk_u_transportu_kolejowego_w_Polsce__III_kwartaly_2010.html)

<sup>7</sup> Tamże.

zauważyć, że przedsiębiorstwo w okresie oczekiwania na opóźniony towar czy surowiec nie potrzebuje do produkcji całego zamówionego wolumenu, lecz jedynie tę jego część, którą zużyje w tym czasie. Załóżmy (do celów obliczeniowych), że firma pożyczycy tę część od innej firmy, którą zwróci po otrzymaniu dostawy i zapłaci jej opłatę jak za krótkoterminowy kredyt bankowy.

Zilustrujmy to na przykładzie dotyczącym towarów masowych:

pewna elektrownia zużywa w ciągu doby 9 pociągów węgla, każdy po 2 400 ton. Koszt zakupu tony węgla przez elektrownię wynosi 250 zł, a koszt krótkotrwałego kredytu bankowego wynosi 18% rocznie. Ile będzie kosztować elektrownię minuta opóźnienia jednego z pociągów?

W ciągu 1 minuty elektrownia zużywa 15 ton węgla. Cena zużytego węgla w tym czasie wynosi  $15 \cdot 250 = 3\,750$  zł. Opłata bankowa za udzielony kredyt od kwoty 3 750 zł wynosi  $3\,750 \cdot 18 / (100 \cdot 365) = 1,85$  zł. Czyli koszt jednej minuty opóźnienia wynosi 1,85 zł. Procentowy koszt kredytu jest taki sam przy opóźnieniach od 1 minuty do 24 godzin i wynosi  $1/365$  część oprocentowania kredytu rocznego, czyli oprocentowanie za 1 dzień kredytu, gdyż kredytu na część dnia nie udziela się.

Przy tym sposobie liczenia uzyskano znacznie mniejszą wartość (1,85 zł) niż wartość jednej minuty opóźnienia dla pociągów pasażerskich. Dotyczy to jednak pociągu przewożącego towary masowe. Gdyby policzyć koszty składowania zamiast kredytu bankowego, koszty jednej minuty opóźnienia mogłyby być jeszcze mniejsze. Większą wartość minuty opóźnienia uzyskałoby się dla pociągów przewożących drobnicę, lecz oszacowanie wartości minuty opóźnienia dla takiego pociągu byłoby niezwykle trudne ze względu na różnorodność towarów i wielość odbiorców. Nawet, gdyby uzyskana wartość była wyższa niż dla pociągu z towarami masowymi to i tak będzie ona mniejsza niż dla pociągów pasażerskich. Dla uwzględnienia stopnia pierwszeństwa pociągów towarowych autor proponuje pomnożyć cenę bazową (dla pociągów z towarami masowymi jak w przykładzie) przez współczynniki większe od jedności dobrane doświadczalnie lecz uporządkowane zgodnie ze stopniem pierwszeństwa tych pociągów. Pociągi towarowe o najwyższym stopniu pierwszeństwa, którymi są pociągi towarowe systemowe europejskie winny mieć nadaną cenę 1 minuty opóźnienia znacznie mniejszą (na przykład 6 zł/min), niż najniższa klasa pociągów pasażerskich Regio – R (17,52 zł/min), aby nie zakłócać ich biegu. Dobrane ceny minuty opóźnienia dla kolejnych kategorii pociągów towarowych powinny zostać sprawdzone doświadczalnie na działającym czy testowym systemie optymalnego kierowania ruchem w celu stwierdzenia czy rozwiązanie generowane przez ten system spełniają oczekiwania przewoźników.

### Minimalizacja opóźnień pociągów

Wprowadzenie systemów dyspozytorskich kierowania ruchem na dużych obszarach sieci kolejowej przy wykorzystaniu komputerów umożliwi automatyczną regulację ruchu pociągów w celu zminimalizowania ich opóźnień. W tym celu została opracowana przez autora metoda BBS (Branch and Bound Simulation) [2] [3] [4] która umożliwi takie kierowanie ruchem pociągów, aby zminimalizować wskaźnik jakości procesu, który jest ważoną sumą opóźnień pociągów poruszających się w danym obszarze kierowania. Wagami we wskaźniku jakości są ceny minuty opóźnienia poszczególnych pociągów wyliczone według zasad podanych w poprzednich rozdziałach. Wynikiem rozwiązania zadania optymalizacji jest wyznaczenie ciągu optymalnych sterowań przesłanych do urządzeń srk w danym obszarze, którymi są globalne numery przebiegów i wymagane czasy ich nastawienia.

System optymalizacji w celu zmniejszenia opóźnień wykorzystuje skrócone czasy jazdy i postojów, przepuszcza pociągi towarowe bez zatrzymania, gdy postoje nie są one potrzebne, ale także zmienia rozkładowe tory szlakowe i stacyjne oraz kolejność ich zajęcia i zwolnienia w stosunku do zapisanych w rozkładzie jazdy. Sterowanie w tym systemie nosi nazwę sterowania predykcyjnego (z przesuwany horyzontem predykcji). W tym trybie wskaźnik jakości zostaje zminimalizowany dla przyszłej wartości czasu równego końcowi horyzontu predykcji o ustalonej wartości, wynoszącej np. 2 godz. od chwili bieżącej. Sterowania optymalne wyznaczone dla momentów zawartych w tym horyzoncie, są wykorzystywane jedynie przez jego niewielką część zwaną horyzontem sterowania i zazwyczaj wynoszącą 1-2 min. W okresie horyzontu sterowania system optymalizacji otrzymuje z systemu srk informacje o aktualnym położeniu wszystkich pociągów na podstawie których wyznacza nowe optymalne sterowania wykorzystywane w kolejnym horyzoncie sterowania. To nowe sterowania zostaje wyznaczone na okres horyzontu predykcji, którego koniec został przesunięty w czasie od poprzedniego wyznaczonego końca o wartość horyzontu sterowania. Procedura ta powtarza się bez określonego końca [5].

Dyspozytor stale śledzi planowany wykres ruchu pociągów będący rezultatem pracy systemu optymalizacji i w razie konieczności może przejąć w każdej chwili sterowanie obszarem. System optymalizacji zawiera model systemu srk i nie wyda polecenia nastawienia przebiegów sprzecznych. Gdyby się tak jednak stało, to system srk i tak nie wykona błędnych poleceń, w takim samym zakresie, gdyby pochodziły od dyspozytora.

Ważnym problemem jest takie sterowanie pociągami aby mimo ich opóźnień zapewnić podróżnym rozkładowe skomunikowania pociągów na stacjach węzłowych, a w razie ich utraty skomunikowania zastępcze. Warunek ten można uwzględnić wprowadzając do wskaźnika jakości w metodzie BBS dodatkowe składniki zawierające kary w przypadku utraty skomunikowań lub kary o mniejszej wartości, w przypadku zapewnienia skomunikowań zastępczych. System optymalizacji zminimalizuje wskaźnik jakości być może zwiększając opóźnienia niektórych pociągów, ale zachowując skomunikowania rozkładowe, bądź gdy nie jest to możliwe, zastępując je skomunikowaniami zastępczymi.

### **Wnioski**

Objęcie odszkodowaniami dotyczącymi opóźnień głównych kategorii pociągów spółki Intercity, a w przyszłości także spółki Przewozy Regionalne o wartości ci znaczącej części ich dochodów jest momentem, w którym te spółki powinny dostrzec ten problem i przystąpić do jego rozwiązania. Niestety klucz do jego rozwiązania nie znajduje się w ich rękach, a w rękach spółki PLK. To ta spółka, poprzez swoje służby dyspozytorskie, decyduje o regulacji ruchu pociągów na sieci PKP i może w przypadku zakłóceń ruchowych decydować o tym, które pociągi opróżniać się będą dalej, a które pojadą planowo, czy nawet nadrobią nabyte opóźnienia.

Przekroczenie opóźnienia 120 minut przez pociąg Ex/EIC na skutek zakłóceń w ruchu pociągów, to potencjalny koszt dla firmy Intercity dochodzący do 9 000 zł, którego w miarę możliwości należy uniknąć podejmując stosowne działania wyprzedzające. Działania te są możliwe przy ścisłej współpracy między dyspozytorami liniowymi i zakładowymi tych spółek. Dyspozytorzy liniowi firmy PLK winni zdawać sobie sprawę, że podjęcie niewłaściwych decyzji dotyczących kolejności przepuszczanych pociągów może narazić spółkę Intercity na znaczne straty, dla pociągów, których aktualne opóźnienia zbliżają się do 60, czy jeszcze gorzej – do 120 minut i nie będą mogły być nadrobione w dalszej części trasy.

Należy jednak zdawać sobie sprawę, że dyspozytorzy liniowi bez odpowiedniego wsparcia technicznego w postaci systemu nadrzędnego operatywnego prognozowania sytuacji ruchowych i optymalnego rozwiązywania konfliktów ruchowych nie będą w stanie efektywnie wykonać tego działania.

Drugim ważnym problemem jest zapewnienie skomunikowań. Dotyczy to skomunikowań wynikających z rozkładu jazdy, a w razie niemożliwości ich zapewniania, zastąpienie ich komunikowaniami zastępczymi. Jest to ważny element oceny jakości usługi przewozowej dokonywany przez podróżnego. Tutaj także dla jego poprawy wymagane jest odpowiednie wsparcie techniczne przy pomocy tego samego systemu nadrzędnego.

Autor od wielu lat prowadzi prace z tego zakresu i ma nadzieję, że zaostrenie przez Unię Europejską kryteriów dotyczących punktualności pociągów i zapewnienia poziomu komfortu podróży koleją przyczyni się do zwiększenia zainteresowania tym problemem.

### **Streszczenie**

Artykuł dotyczy sposobu szacowania kosztów opóźnienia pociągów zarówno pasażerskich jak i towarowych w celu wykorzystania tego oszacowania do minimalizacji opóźnień przez system optymalnego kierowania ruchem pociągów. Uwzględniono odszkodowania płacone przez spółki przewozowe pasażerom opóźnionych pociągów.

## Literatura

- [1] Tarski I., *Czynnik czasu w procesie transportowym*, WKiŁ, Warszawa (1976).
- [2] Wolfenburg A., *Sposób wyznaczenia ciągu optymalnych decyzji dla sterowania ruchem wielu przemieszczających się obiektów zwłaszcza pociągów*, Urząd Patentowy RP, lipiec 2002, Zgłoszenie Pat. P354940, Biuletyn Urzędu Patentowego nr. 4(761), (2003): 37.
- [3] Wolfenburg A., *Sposób wyznaczenia ciągu optymalnych sterowań ruchem wielu przemieszczających się obiektów zwłaszcza pociągów*, Urząd Patentowy RP, luty 2007, Zgłoszenie Pat. P381778, Biuletyn Urzędu Patentowego nr. 17(904), (2008): 22.
- [4] Wolfenburg A., *Zastosowanie symulacji dyskretnej do rozwiązania zadań optymalizacji*, Prace Naukowe Instytutu Organizacji i Zarządzania Nr 83 Politechniki Wrocławskiej, (2007): 201 – 213.
- [5] Wolfenburg A., *Optymalne kierowanie ruchem pociągów w obszarze sieci kolejowej*, praca monograficzna (przyjęta do druku), PWSZ w Gorzowie Wlkp., Warszawa 2011.