

Marek Stawowy, Andrzej Szmigiel

Politechnika Warszawska, Wydział Transportu

METODY MODELOWANIA NIEPEWNOŚCI W ZASTOSOWANIU SZACOWANIA JAKOŚCI INFORMACJI O ZAJĘTOŚCI PARKINGÓW

Rękopis dostarczono, styczeń 2015

Streszczenie: W pracy przedstawiono metodę estymacji liczby wolnych miejsc parkingowych na podstawie opłat za parkowanie. Rozpatrywano dwie metody wyznaczania jakości informacji o zajętości parkingu za pomocą modelowania niepewności informacji opartą na teorii ewidencji matematycznej oraz współczynnika pewności hipotezy. Wyznaczono wartość wskaźnika jakości informacji IQ przy pomocy programu komputerowego wykorzystując ww. metody. Wykonano symulację w zależności od zmiany wartości wejściowych wg rozkładu normalnego. Porównano wyniki symulacji dla obu metod wyznaczania jakości informacji o zajętości parkingu.

Słowa kluczowe: modelowanie, zajętość, parkingi, modele niepewności

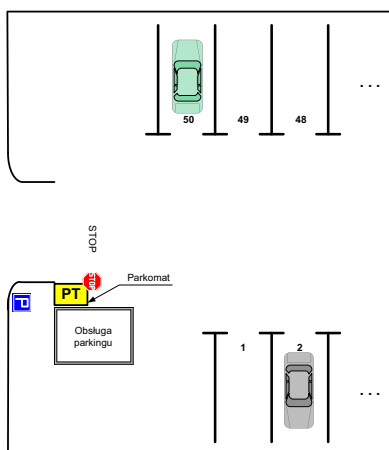
WSTĘP

Systemy teleinformatyczne związane z obsługą parkingów umożliwiają wyświetlanie za pomocą tablic zmiennej treści informacji kierowcom, na którym parkingu można spodziewać się wolnych miejsc parkingowych. Jednak zbieranie informacji o zajętości parkingów nie jest zbyt precyzyjne. Powoduje to, błędne informowanie kierowców o wolnych miejscach na parkingu. W pracy tej opisano jedną z metod pozyskiwania danych o zajętości parkingu. Metodę, która uchodzi za najmniej precyzyjną. Opisano skąd biorą się błędy związane z wyliczaniem wolnych miejsc na parkingach przy użyciu tej metody szacowania zajętości. Podjęto próbę oszacowania wpływu poszczególnych elementów na dokładność zliczania wolnych miejsc parkingowych. W tym celu użyto metod modelowania niepewności: współczynnik pewności hipotezy CF (ang. Certainty Factor) [9,11] oraz teorię ewidencji matematycznej stworzonej przez Dempstera i Shafera (DS) [5,6,7].

1. SYSTEM KONTROLI ZAJĘTOŚCI PARKINGÓW

W celu sprawdzenia czy na danym parkingu są wolne miejsca, można posłużyć się kilkoma metodami wymanionymi w [1] takich jak: kontrola zajętości stanowisk parkingowych za pomocą czujników, kontrola zajętości stanowisk parkingowych za pomocą kamery wideo, wyznaczanie zajętości parkingów za pomocą zliczania pojazdów wjeżdżających i wyjeżdżających oraz szacowanie zajętości parkingów na podstawie sprzedanych biletów parkingowych. Ostatnia metoda została wybrana do szacowania zajętości ze względu na najniższe koszty jej zastosowania [2]. Metodę tę można stosować zarówno do szacowania zajętości parkingów przydrożnych, z parkomatami jak i otwartych parkingów bez kontroli wjazdu, stosowanej w innych metodach wyznaczania liczby wolnych miejsc do parkowania.

Skoro znany jest okres, na który są sprzedane bilety, to można oszacować ile miejsc jest aktualnie wolnych.



Rys. 1. Przykładowy plan parkingu z parkomatem

Źródło: opracowanie własne.

Metoda ta jest mało dokładna, bo dokładność jest zależna od tego czy korzystamy w pełni z wykupionego czasu parkowania. Dokładność jest zmniejszona też przez niepłacących za bilet i osoby zwolnione z opłat. Problem niepłacących można rozwiązać przez częste kontrole opłat. Wyznaczenie specjalnych miejsc dla zwolnionych z płacenia też poprawiłoby dokładność. Na tych miejscach można by zainstalować oddzielny detektor (czy też detektory). Jednak koszt zastosowania wybranej metody jest najniższy spośród opisanych w [1]. Nie trzeba wykonywać żadnych dodatkowych inwestycji w infrastrukturę systemu parkingowego ponieważ system powiadamiania kierowców korzysta tylko z danych z parkomatu i okresowej kalibracji przez kontrolujących bilety. Dalsze

rozważania oparte zostały na tej metodzie, jako najbardziej korzystnej finansowo. [1,2,3,4]

Celem użycia tej metody jest możliwość informowania kierowców o wolnych miejscach parkingowych np.: za pomocą tablicy informacyjnej jak na rysunku 2.

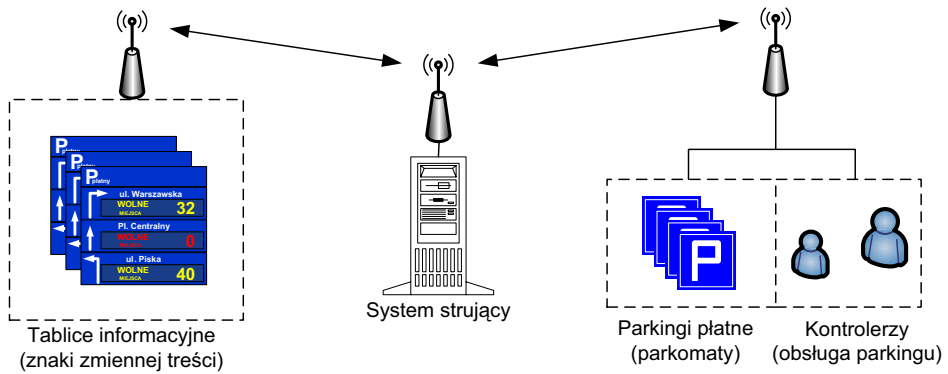
Dzięki takim tablicom kierowcy będą wiedzieć gdzie szukać parkingów z wolnymi miejscami parkingowymi. Wystarczy umieścić kilka takich tablic w kluczowych punktach np.: na trasach dojazdu do centrum miasta.



Rys. 2. Przykład tablicy informacyjnej dla kierowców
Źródło: opracowanie własne.

2. SZACOWANIE ZAJĘTYCH MIEJSC NA PODSTAWIE OPŁAT ZA PARKOWANIE

W poprzednim rozdziale zamieszczony został skrócony opis metody, którą wybrano na podstawie [1], biorąc pod uwagę przede wszystkim koszty. Wybrano najtańszą jednak też prawdopodobnie najmniej skuteczną. W tej metodzie dane nie pochodzą wprost z czujników czy detektorów, ale z parkomatu, który rejestruje tylko opłatę i czas parkowania, za jaki ją uiszczono. Czyli parkomat będzie w tej metodzie głównym źródłem danych, choć nie jedynym. Zakłada się też, że obsługa parkingu będzie, co jakiś czas zliczać wolne miejsca i przysyłać je do systemu informowania kierowców. Ta procedura umożliwi okresową kalibrację i uczulenie systemu na zmienność błędów w czasie, bo obsługa poza liczbą wolnych miejsc będzie też podawać godzinę i minutę, w której zliczanie nastąpiło. Umożliwi to szacownie błędów z podziałem nie tylko na godziny, ale na dni, tygodnie czy miesiące. Uproszczony schemat blokowy systemu informowania kierowców o zajętości parkingów umieszczono na rysunku 3.



Rys. 3. Schemat blokowy systemu informowania klientów o zajętości parkingów

Źródło: opracowanie własne.

Obliczanie wolnych miejsc jest stosunkowo proste jak widać na poniższym wzorze:

$$L_{WMP} = L_{MP} - \sum_{i=1}^n m_z(i) \quad (1)$$

gdzie:

L_{WMP} – liczba wolnych miejsc parkingowych,

L_{MP} – liczba miejsc parkingowych,

$m_z \in \{0,1\}$ – stan miejsca parkingowego, 0 wolne, 1 – zajęte, jest to stan miejsca na podstawie sprzedanego biletu,

i – kolejne miejsce,

n – liczba miejsc parkingowych na parkingu.

Jednak daną do wyświetlenia w systemie informowania będzie:

$$D = \begin{cases} L_{RMP} \text{ gdy } \exists L_{RMP} \\ L_{WMP} \text{ gdy } \neg \exists L_{RMP} \end{cases} \quad (2)$$

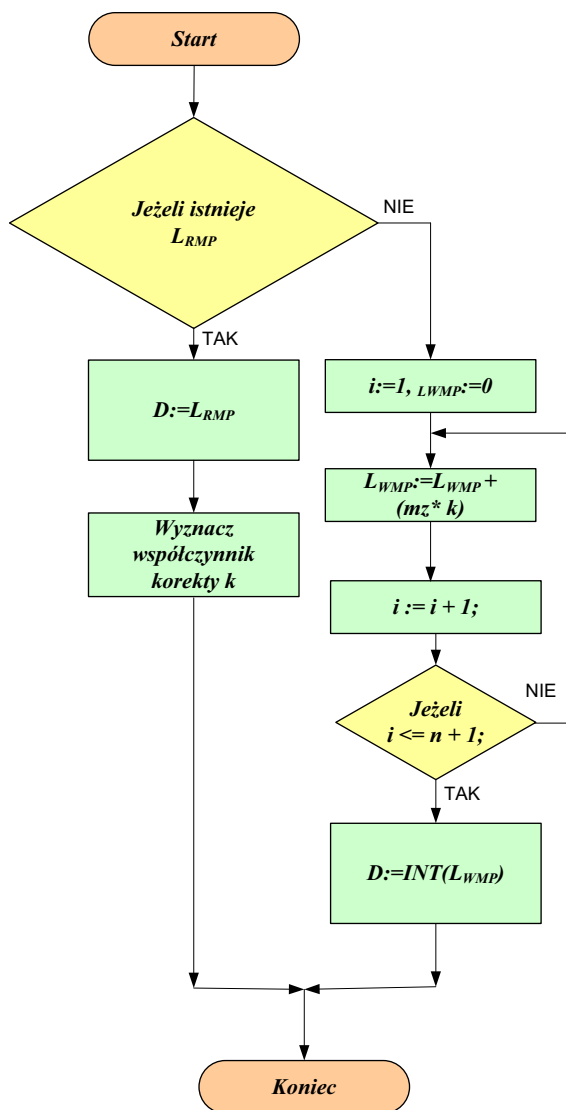
gdzie:

D – liczba wolnych miejsc parkingowych do wyświetlenia na tablicy informacyjnej,

L_{RMP} – liczba wolnych miejsc parkingowych policzonych przez obsługę,

L_{WMP} – liczba wolnych miejsc parkingowych.

Kolejnym krokiem jest stworzenie algorytmu, dzięki któremu otrzyma się liczbę wolnych miejsc na parkingu. Rozpatrywany jest jeden parking, bo obsługa wielu będzie tylko zwielokrotnieniem wykonania tego samego algorytmu. Algorytm taki przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Algorytm wyznaczania wolnych miejsc parkingowych
Źródło: opracowanie własne.

Jak widać na rysunku 4 wprowadzony został dodatkowo współczynnik k , który umożliwi późniejsze korygowanie liczby wolnych miejsc, jeśli system zostanie wyposażony w mechanizmy adaptacyjne przy obliczaniu wolnych miejsc [1,2].

3. MODELOWANIE REJESTRACJI LICZBY ZAJĘTYCH MIEJSC NA PODSTAWIE OPŁAT ZA PARKOWANIE

Do zamodelowania jakości informacji o zajętości parkingu metodą, która wykorzystuje dane z parkomatów, użyto dwóch metod: współczynnik pewności hipotezy CF oraz teorię ewidencji matematycznej DS. Proponowany model można nazwać modelem jakości informacji (IQ – ang. Information Quality) może się składać z jednej hipotezy końcowej:

h - poprawnie dostarczono dane.

Obserwacje przyczyn mogą być następujące:

- e1 – informacja o zajętości jest poprawna,
- e2 – błędne szacowanie ilości wolnych miejsc na podstawie danych z parkomatów,
- e3 – uszkodzenie parkomatu,
- e4 – uszkodzenie urządzeń sterujących systemem,
- e5 – uszkodzenie lub wadliwe oprogramowanie,
- e6 – błędna transmisja danych (dane dotarły, ale zmienione),
- e7 – błędy kalibracji (zliczania przez obsługę).

Obserwacje te zostały przedstawione przykładowo w celu pokazania uniwersalności tej metody. Wartości współczynników obserwacji nie są rzeczywiste, ale zbliżone do rzeczywistych i wystarczające w celu zastosowania opisywanej metody. Do modeli można dodać wiele więcej obserwacji.

Tabela 1

Przypisanie poszczególnych wartości współczynnika obserwacji przyczyn

Obserwacje przyczyn	Współczynnik obserwacji
e1	0,9
e2	0,1
e3	$0,3 \cdot 10^{-3}$
e4	$0,5 \cdot 10^{-6}$
e5	$0,5 \cdot 10^{-6}$
e6	$0,1 \cdot 10^{-6}$
e7	$0,1 \cdot 10^{-3}$

Opracowanie własne.

3.1. MODELOWANIE NIEPEWNOŚCI PRZY WYKORZYSTANIU TEORII EWIDENCJI MATEMATYCZNEJ

Teoria ewidencji matematycznej zakłada, że możliwa jest synteza informacji dla poszczególnych elementarnych miar prawdopodobieństwa m . Można syntezować informacje nawet, jeśli są sprzeczne lub pochodzą z różnych źródeł. [5,6,7] Taką syntezę można opisać wzorem:

$$m_3(C) = \frac{\sum_{A_i \cap B_j = C} m_1(A_i) m_2(B_j)}{1 - \sum_{A_i \cap B_j = \emptyset} m_1(A_i) m_2(B_j)} \quad (3)$$

Gdzie X, Y i Z – źródła obserwacji reprezentują podzbiory zbioru Θ ; m_1 i m_2 – zestawy mas (ang. sets of masses); m_3 – nowy zestaw masy.

Synteza ta nazywana jest regułą kombinacji Dempstera [7]. Funkcja BBA (ang. basic belief assignment - podstawowe przyporządkowanie prawdopodobieństwa) jest zdefiniowana w następujący sposób:

$$\begin{aligned} m : 2^\Theta &\rightarrow [0,1] \\ m[\emptyset] &= 0 \\ \sum_{A \subseteq \Theta} m(A) &= 1 \end{aligned} \quad (4)$$

Przekonanie (ang. belief) oznaczane w skrócie $Bel \in [0,1]$ mierzy siłę pozyskanych obserwacji wspierających przekonanie o prawdziwości rozważanego zbioru hipotez.

$$Bel(A) = \sum_{B \subseteq A} m(B) \quad (5)$$

Wyobrażalność (ang. plausibility) oznaczana w skrócie $Pl \in [0,1]$ określa na ile przekonanie o prawdziwości A jest ograniczone przez dowody wspierające $\neg A$.

$$\begin{aligned} Pl(A) &= \sum_{B \cap A \neq \emptyset} m(B) \\ Pl(A) &= 1 - Bel(\neg A) \end{aligned} \quad (6)$$

Reguła kombinacji wpływa na funkcję przekonania i można ją zapisać tak:

$$Bel1 \oplus Bel2(A) = \sum_{B \subseteq A} m_1 \oplus m_2(A) \quad (7)$$

3.2. MODELOWANIE JAKOŚCI INFORMACJI WYBRANEGO SYSTEMU POWIADAMIANIA O ZAJĘTOŚCI PARKINGÓW ZA POMOCĄ EWIDENCJI MATEMATYCZNEJ

Dzięki teorii ewidencji matematycznej można syntezywać informacje z różnych źródeł. Zostało to opisane wzorem (3).

Zdefiniujemy trzy obserwacje skutków na podstawie obserwacji przyczyn:

Ze1 – dane poprawne, (e1),

Ze2 – dane nie dotarły (e3,e4,e5),

Ze3 – dane dotarły tyle, że błędne (e2, e3, e4, e5, e6, e7).

W tabelach 2, 3 i 4 przedstawione zostały kolejne etapy analizy obserwacji skutków.

$$\begin{aligned} \Theta &= \{e1, e2, e3, e4, e5, e6, e7\} \\ m_1(\Theta) &= 1 \\ m_2(\{e1\}) &= 0,9 \\ m_2(\Theta) &= 0,1 \end{aligned} \quad (8)$$

Tabela 2

Obserwacja Ze1

	$m_2(\{e1\})$	$m_2(\Theta)$
$m_1(\Theta)$	$m_3(\{e1\})$	$m_3(\Theta)$

Źródło: opracowanie własne.

$$\begin{aligned} m_4(\{e3, e4, e5\}) &= 0,000301 \\ m_4(\Theta) &= 0,999699 \end{aligned} \quad (9)$$

Tabela 3

Obserwacja Ze2

	$m_4(\{e3, e4, e5\})$	$m_4(\Theta)$
$m_3(\{e1\})$	$m_5(\{\emptyset\})$	$m_5(\{e1\})$
$m_3(\Theta)$	$m_5(\{e3, e4, e5\})$	$m_5(\Theta)$

Źródło: opracowanie własne.

$$\begin{aligned} m_6(\{e2, e3, e4, e5, e6, e7\}) &= 0,1004011 \\ m_6(\Theta) &= 0,9995989 \end{aligned} \quad (10)$$

Tabela 4

Obserwacja Ze3

	$m_6(\{e2, e3, e4, e5, e6, e7\})$	$m_6(\Theta)$
$m_5(\{\emptyset\})$	$m_7(\{\emptyset\})$	$m_7(\{\emptyset\})$
$m_5(\{e3, e4, e5\})$	$m_7(\{e3, e4, e5\})$	$m_7(\{e3, e4, e5\})$
$m_5(\{e1\})$	$m_7(\{\emptyset\})$	$m_7(\{e1\})$
$m_5(\Theta)$	$m_7(\{e2, e3, e4, e5, e6, e7\})$	$m_7(\Theta)$

Źródło: opracowanie własne.

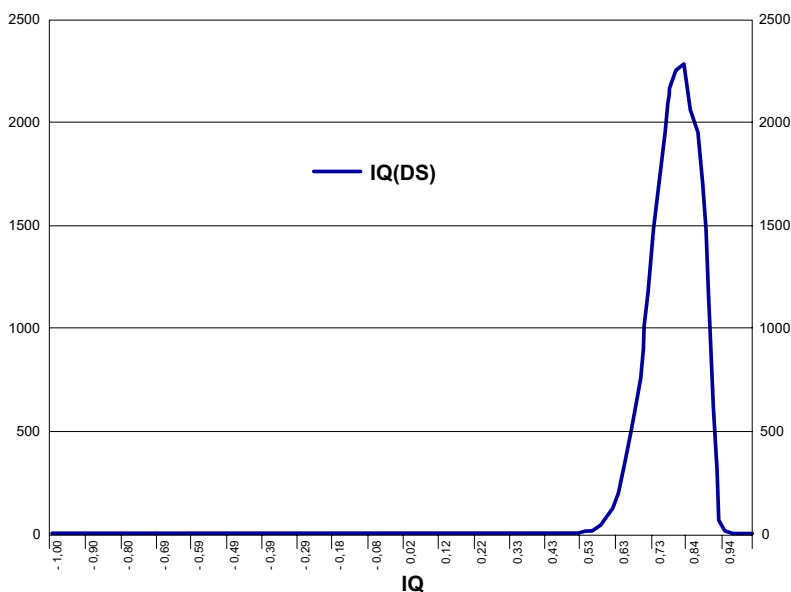
$$\text{Bel}(e1) = m_7(e1) \quad (11)$$

Jeśli założymy, że $Bel(e1) = IQ$, to wynik obliczeń przy wykorzystaniu do modelowania teorii ewidencji wskazuje nam na wielkość jakości informacji. W tym przypadku, jakości informacji o zajętości parkingów. Niech symbolem oznaczającym w tym przypadku będzie $IQ(DS)$ w celu rozróżnienia metody modelowania niepewności użytej do wyznaczania IQ .

Przyjęte wartości współczynników obserwacji zostały użyte w programie komputerowym do wyliczenia IQ oraz do symulacji opisanych w dalszej części tego artykułu.

W celu obliczenia $IQ(DS)$ został napisany specjalny program komputerowy. W programie użyte zostały wartości m takie jak zaproponowane we wzorach (8,9,10). W wyniku otrzymano wartość $IQ(DS) = 0,89001$.

Kolejnym etapem analizy była symulacja wyznaczania IQ . W tym celu także został napisany specjalny program. Program ten wykorzystuje rozkłady normalne z odchyleniem standardowym o wartości 10% wartości średniej. Rozkłady zostały ograniczone zakresem wartości, jakie może przyjmować $IQ(DS)$ wg założeń dla wzorów (5,6). Jako wartości średnie podstawiono wartości m użyte do obliczeń $IQ(DS)$ ze wzorów (8,9,10). Liczba powtórzeń symulacji wynosiła 10000. Wynik symulacji przedstawia rysunek 5.



Rys. 5. Symulacja wyznaczania $IQ(DS)$

Źródło: opracowanie własne przy pomocy autorskiego programu komputerowego.

Symulacja pokazuje, że zmiana wartości prawdopodobieństwa obserwacji ma bezpośredni wpływ na wynik obliczeń. Wynika to z faktu, że wartość końcowa (w tym przypadku $IQ(DS)$) jest liniowo zależna od wartości prawdopodobieństwa obserwacji w ramach tego samego modelu.

3.3. MODELOWANIE WSPÓLCZYNNIKA PEWNOŚCI HIPOTEZY A JAKOŚĆ INFORMACJI

Jak wyżej wspomniano wygodnym modelem do opisu jakości informacji może być modelowanie współczynnika pewności hipotezy CF. Zakłada się, że wartość tego współczynnika byłaby wprost wartością wskazującą na jakość informacji związanej z daną hipotezą. [10,11]

Rzetelne przedstawienie wymaga opisanego formalizmów. Formalny opis uproszczony [9] współczynnika pewności jest następujący:

$$CF_{(s)} = MB_{(s)} - MD_{(s)} \quad (12)$$

Gdzie:

CF - współczynnik pewności,

MB – odwzorowanie wiedzy czyli miara wiarygodności (ang: measure of belief),

MD – odwzorowanie niewiedzy, czyli miara niewiarygodności (ang: measure of disbelief),

s – hipoteza na podstawie jakiejś informacji.

Należy pamiętać, że:

$$MB \rightarrow [0,1]; MD \rightarrow [0,1] \text{ czyli } CF \in (-1,1) \quad (13)$$

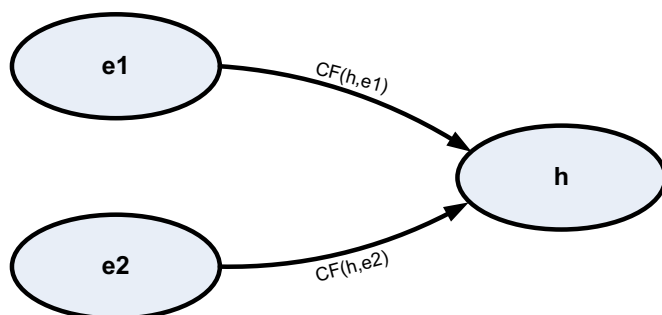
Ze względu na to, że istnieje wiele odmian modelowania CF poniżej opisane zostały podstawowe zależności [1] dla modelu równoległego.

Równoległy model podstawowy

Wzór na wyliczanie przejścia wg rys. 6 między dwoma równoległymi obserwacjami i hipotezą jest następujący [9]¹:

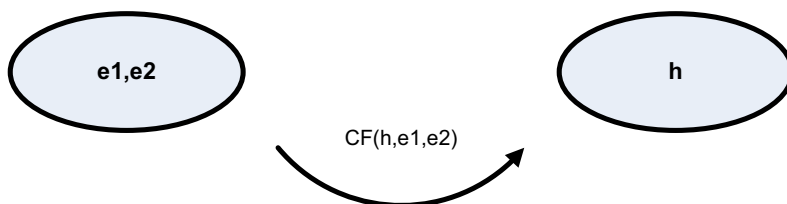
$$CF_{(h,e1,e2)} = \begin{cases} CF_{(h,e1)} + CF_{(h,e2)} - CF_{(h,e1)} \cdot CF_{(h,e2)}, & CF_{(h,e1)} \geq 0, CF_{(h,e2)} \geq 0 \\ \frac{CF_{(h,e1)} + CF_{(h,e2)}}{1 - \min(|CF_{(h,e1)}|, |CF_{(h,e2)}|)}, & CF_{(h,e1)} \cdot CF_{(h,e2)} < 0 \\ CF_{(h,e1)} + CF_{(h,e2)} + CF_{(h,e1)} \cdot CF_{(h,e2)}, & CF_{(h,e1)} < 0, CF_{(h,e2)} < 0 \end{cases} \quad (14)$$

¹ Przedstawiony został tylko wzór na połączenia równoległe bo takie tylko występują w tym modelu.



Rys. 6. Równoległe przejścia między dwoma obserwacjami a hipotezą

Połączenie równoległe może być sprowadzone do jednego połączenia jak na rys. 7. Właściwość ta umożliwi uproszczenie obliczeń w modelu zaproponowanym w kolejnym rozdziale.



Rys. 7. Wynik uproszczenia na podstawie wzorów (14)

3.4. MODELOWANIE JAKOŚCI INFORMACJI WYBRANEGO SYSTEMU TELEINFORMATYCZNEGO ZA POMOCĄ WSPÓLCZYNNIKA PEWNOŚCI HIPOTEZY

W poprzednim rozdziale opisane zostały dwie metody modelowania niepewności. W rozpatrywanym przykładzie można obie zastosować do oszacowania jakości informacji IQ. Niech symbolem oznaczającym w tym przypadku będzie $IQ(CF)$ w celu rozróżnienia metody modelowania niepewności użytej do wyznaczania IQ. Wykorzystując modelowanie niepewności za pomocą CF można przedstawić graf tak jak na rysunku 8, a wartości poszczególnych CF zapisać jak w tabeli 5.

Tabela 5

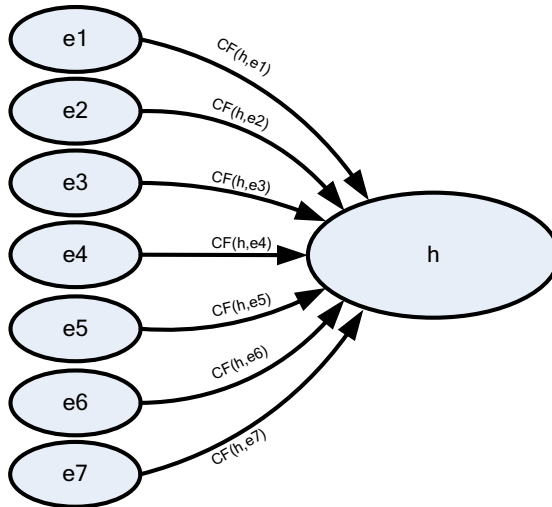
Współczynniki pewności hipotez CF przypisane na podstawie tabeli 1

h
$CF_{(h,e1)} = 0,9$
$CF_{(h,e2)} = -0,1$
$CF_{(h,e3)} = -0,3 * 10^{-3}$
$CF_{(h,e4)} = -0,5 * 10^{-6}$
$CF_{(h,e5)} = -0,5 * 10^{-6}$
$CF_{(h,e6)} = -0,1 * 10^{-6}$
$CF_{(h,e7)} = -0,1 * 10^{-3}$

Opracowanie własne.

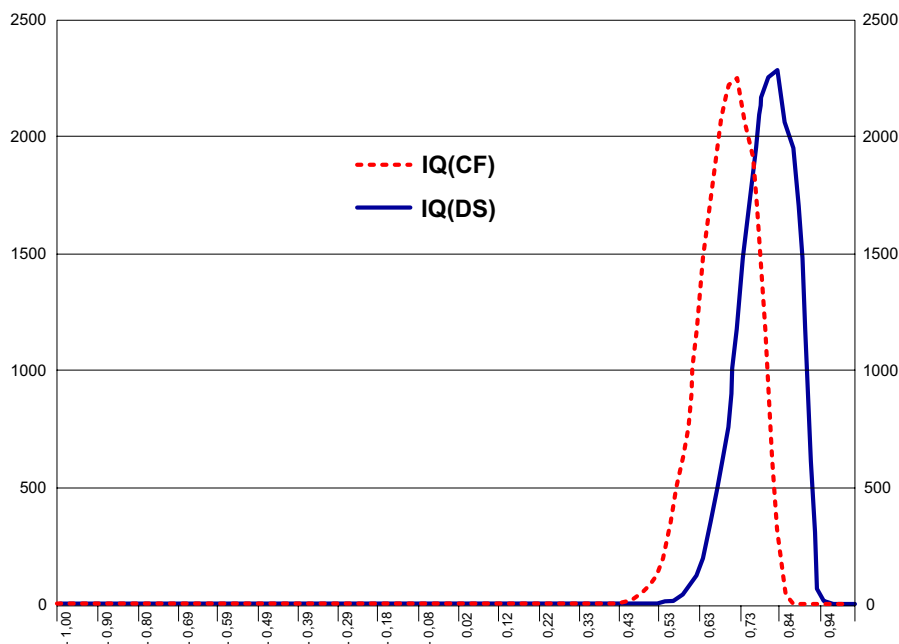
Wg założenia z rozdziału pierwszego IQ modelowanego systemu wynosi 0,5504. Kolejnym krokiem jest symulacja. W celu wykonania symulacji został napisany specjalny program. Program ten wykorzystuje rozkłady normalne z odchyleniem standardowym o wartości 10% wartości średniej. Rozkłady zostały ograniczone zakresem wartości jakie może przyjmować CF wg. wzoru (13). Jako wartości średnie podstawiono wartości kolejnych CF z tabeli 5. Liczba powtórzeń symulacji wynosiła 10000.

Wynik symulacji, razem z wynikiem symulacji IS(DS) przedstawia rysunek 9.



Rys. 8. Graf modelu CF

Opracowanie własne.



Rys. 9. Wynik symulacji obu modeli CF i DS
Opracowanie własne.

4. WNIOSKI

W pracy przedstawiono metody modelowania niepewności wyników detekcji i estymacji wolnych miejsc na parkingach. Wybraną metodą estymacji liczby wolnych miejsc było szacowanie tej liczby na podstawie opłat za parkowanie. Opisano matematycznie i algorytmem metodę estymacji liczby wolnych miejsc parkingowych.

Przedstawiona szczegółowo w artykule metoda umożliwia szacowanie liczby miejsc parkingowych bez żadnej inwestycji w infrastrukturę parkingu. Wystarczy skorzystać z danych zarejestrowanych przez parkomaty i czasowo kalibrować działanie systemu poprzez zliczanie wolnych miejsc organoleptycznie. Obsługa parkingu i tak sprawdza okresowo uczciwość parkujących. Także kalibracja nie wymaga zatrudnienia dodatkowych osób.

W kolejnym rozdziale przedstawiono metody wyznaczania jakości informacji o zajętości parkingu za pomocą modelowania niepewności metodą opartą na teorii ewidencji matematycznej Dempstera i Shafera oraz metodą opartą o współczynnik pewności hipotezy. Wyznaczono wskaźniki jakości informacji IQ(DS) i IQ(CF) przy pomocy programu komputerowego, przygotowanego przez jednego z autorów, do modelowania

niepewności. Wykonano symulację wyników w zależności od zmiany wartości wejściowych wg rozkładu normalnego dla obu metod modelowania. Następnie porównano wyniki symulacji obu metod. W wyniku można stwierdzić, że obie metody modelowania niepewności wykorzystane w tej pracy mogą służyć do wyznaczania jakości informacji. Jednak wyniki, co do wartości są różne. Przyczyną tej odmienności wyników są różne zakresy wartości dla metody DS jest przedział $[0,1]$ dla metody CF jest to przedział $[-1,1]$. Stąd wartość końcowa $IQ(DS) > IQ(CF)$.

Przedstawione zastosowanie metod modelowania do wyznaczania IQ informacji o zajętości parkingów umożliwi oszacowanie, która z metod wyznaczania zajętości parkingów jest lepsza. Także kolejnym etapem będzie porównanie skuteczności metod wyznaczania zajętości parkingów z innymi, zaprezentowanymi w [1], za pomocą jakości informacji.

Bibliografia

1. Stawowy M., Szmigiel A., Metody detekcji i estymacji zajętości parkingów. *Logistyka* 2/2014, ss 5976-5982.
2. Stawowy M., Szmigiel A., Modelowanie niepewności informacji o zajętości parkingów. *Logistyka* 4/2014 ss. 2481-2488.
3. Boltze M., Puzicha J. Effectiveness of the Parking Guidance System In Frankfurt am Main. *Parking Trend International* May 1995. ss 27-30.
4. Stawowy M., Szmigiel A., Szmigiel P.: System Automatycznego Nadzoru i Zarządzania Parkingami. *Prace naukowe - Transport* 82/2012 ss 85-102.
5. Shafer G.: A mathematical theory of evidence. Princeton University Press, Princeton 1976.
6. Dempster, A.P.: A generalization of bayesian inference. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)* 30 1968.
7. Dempster, A.P. Upper and lower probabilities induced by a multi-valued mapping. *Annals of Mathematical Statistics* 38 1967.
8. <http://www.systemy-parkingowe.pl/> - systemy parkingowe i szlabany, 2014.
9. Heckerman D., The certainty-factor model. In S. Shapiro, editor, *Encyclopedia of Artificial Intelligence*, Second Edition, Wiley, New York, 1992, ss 131-138.
10. Stawowy M., Jakość informacji z wizyjnych systemów nadzoru infrastruktur krytycznych, *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej - Transport. Oficyna Wydawnicza* 104/2014, ss. 103-113.
11. Stawowy M., Model for Information Quality Determination of Teleinformation Systems of Transport, Edited by Tomasz Nowakowski, Marek Młyńczak, Anna Jodejko-Pietruczuk, and Sylwia Werbińska-Wojciechowska, CRC Press 2014, ss 1909–1914.

MODELING METHODS OF UNCERTAINTY IN THE APPLICATION OF THE EVALUATING OF THE INFORMATION QUALITY OF FREE/BUSY OF CAR PARKS

Abstract: At work shows the estimation method of the number of free parking spaces on the basis of parking fees. Provides a method for determining the quality of free/busy information parking lot using uncertainty modeling methods based on mathematical theory of evidence and based on certainty factor of hypothesis. The values of quality information IQ has been calculated with the help of a computer program. The simulation of results was performed according to the input values change according to the normal distribution. Compares the results of the simulation for both methods.

Keywords: modeling, occupation, car park, uncertainty models