

Tom 4 Prace analityczne

Część 3 Ocena stanu, tzn. obliczanie wartości stanu oraz wartości wskaźników zespolonych

Diagnostyka Stanu Nawierzchni - DSN

Historia dokumentu

Nazwa dokumentu	Tom 4 Prace analityczne, Część 3 Ocena stanu, tzn. obliczanie wartości stanu oraz wartości wskaźników zespolonych, Diagnostyka Stanu Nawierzchni - DSN
Nazwa pliku	tom4_czesc3_ocena_stanu_120615
Data utworzenia	20 lutego 2012
Data ostatniej modyfikacji	5 lipca 2012

Wersja	Data zmiany	Opis zmian	Autor
1.0	15.06.2012		IBDiM

Spis treści

1	Cel dokumentu	4
1.1	Dokumenty związane z niniejszym dokumentem	4
1.2	Załączniki do niniejszego dokumentu	4
2	Wprowadzenie	5
3	Normowanie.....	7
3.1	Funkcja normująca.....	8
3.2	Parametry sterujące funkcji normującej	10
3.3	Pomocnicze wartości stanu	11
4	Wskaźniki zespolone	12
5	Postępowanie przy danych nieważnych	14

1 Cel dokumentu

W ramach niniejszego dokumentu określone zostaną wymagania i procedury procesu oceny stanu technicznego nawierzchni w ramach DSN na podstawie wielkości parametrów stanu zawartych w plikach wynikowych.

W rozdziale 2 przedstawiono ogólny zarys procesu oceny oraz podano przyczyny, dla których wprowadza się pojęcie wartości stanu.

W rozdziale 3 opisano funkcje normujące oraz podano parametry, które wyznaczają kryteria oceny dla poszczególnych parametrów.

W rozdziale 4 zaprezentowano wzory służące obliczaniu wskaźników zespolonych.

W rozdziale 5 omówione zostało, jak należy traktować ujemne wielkości stanu oznaczające dane nieważne.

1.1 Dokumenty związane z niniejszym dokumentem

Dokument	Opis
[T1/cz2]	Tom 1: Organizacja i standardy kampanii diagnostyki stanu technicznego nawierzchni / Część 2: Cechy nawierzchni podlegające identyfikacji i ocenie
[T2/cz2]	Tom 2: Formaty danych / Część 2: Dane podstawowe opisujące sieć drogową
[T2/cz3]	Tom 2: Formaty danych / Część 3: Dane elementarne o stanie
[T2/cz4]	Tom 2: Formaty danych / Część 4: Dane wynikowe

1.2 Załączniki do niniejszego dokumentu

Do niniejszego dokumentu nie przewidziano załączników.

2 Wprowadzenie

Ocena stanu jest etapem procesu diagnostyki, który polega na nadaniu wartości obliczonym na poprzednim etapie wielkościom parametrów stanu. Odbywa się to w ramach podprojektu PP-O (Ocena stanu).

Wielkości stanu dla różnych parametrów stanu, będąc wielkościami fizykalnymi podawanymi w różnych jednostkach i wykazującymi się różnymi skalami zmienności, nie są ze sobą porównywalne. Przykładowo nie można bezpośrednio obliczyć średniej z wielkości trzech parametrów:

- **SSP** = 34% (34% powierzchni pokrytej spękaniami),
- **IRI** = 0,6 m/km (międzynarodowy wskaźnik równości równy 0,6),
- **D** = 400 μm (ugięcie maksymalne 400 mikrometrów).

W celu sprowadzenia wielkości stanu do wspólnego mianownika potrzebne jest ich normowanie, dzięki czemu staną się bezwymiarowe, będą miały jednolitą skalę zmienności oraz będą w jednolity sposób wskazywały na zły lub dobry stan nawierzchni.

Algorytm normowania jest taki sam dla wszystkich wielkości stanu, różni się jedynie parametrami sterującymi podanymi w rozdziale 3.2.

W przypadku niektórych parametrów, takich jak uszkodzenia nawierzchni betonowych identyfikowane w ramach identyfikacji cech powierzchniowych, wyróżnia się pomocnicze wartości stanu agregujące średnią wielkość oraz występowanie uszkodzenia do jednej wartości stanu. Będzie to opisane w rozdziale 3.3.

Na etapie oceny stanu dokonywane jest również wyliczenie zespolonych wskaźników stanu. W odróżnieniu od wielkości stanu, z których każda odpowiada jednemu mierzonemu parametrowi stanu, wskaźniki zespolone agregują do jednej wartości kilka parametrów. Dobór parametrów wchodzących w skład wskaźnika zespolonego zależy od tego, w jaki sposób wskaźnik zespolony ma charakteryzować stan:

- **wskaźnik stanu konstrukcji (WSK)** – opisuje stan techniczny z punktu widzenia wytrzymałości konstrukcji i zdolności do przenoszenia obciążeń nawierzchni,
- **wskaźnik stanu powierzchni (WSP)** – opisuje stan techniczny podobnie jak wskaźnik stanu konstrukcji (WSK), lecz nie bierze się pod uwagę pomiarów nośności na podstawie ugięć lecz wykorzystuje wyniki oceny cech powierzchniowych na podstawie zdjęć powierzchni,

-
- **wskaźnik stanu użytkowego (WSU)** – opisuje stan techniczny z punktu widzenia użytkownika drogi, a zatem ocenie podlega komfort i bezpieczeństwo jazdy,
 - **wskaźnik oceny ogólnej (WOG)** – opisuje stan techniczny w sposób całościowy, biorąc pod uwagę wszystkie aspekty stanu technicznego włączone w ocenę.

Obliczanie wskaźników zespolonych omówione jest w rozdziale 4.

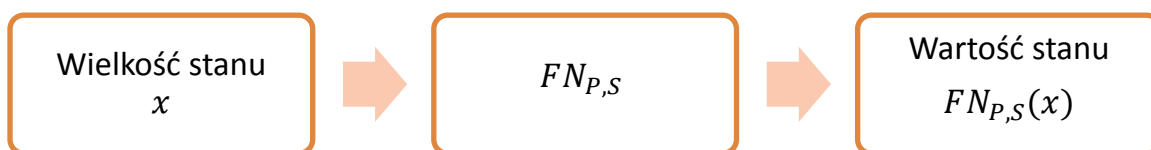
Wszystkie wartości stanu oraz wskaźniki zespolone obliczane są, tak jak i wielkości parametrów stanu, dla poszczególnych **odcinków diagnostycznych**. Obliczenia te wykonywane są niezależnie dla każdego odcinka diagnostycznego.

3 Normowanie

Normowanie jest procesem przekształcającym fizykalną wielkość stanu w bezwymiarową wartość stanu.

Zakłada się, że wartości stanu mieszczą się w przedziale [1,5], gdzie wartość 1 oznacza najgorszy stan nawierzchni, 5 – najlepszy.

Głównym elementem procedury normowania jest funkcja normująca $FN_{P,S}(x)$, przekształcająca wielkość stanu x dla parametru P , przy założeniu zestawu parametrów sterujących S w odpowiednią wartość stanu.



Rysunek 1: Funkcja normująca - schemat

Zarówno wielkości stanu, jak i wartości stanu zapisywane są w danych wynikowych, zgodnie z [T2/cz4].

W ramach parametrów sterujących wyróżnia się następujące wielkości:

- **wielkość pożądana** - W_p – odpowiadającą ocenie nawierzchni świeżo wybudowanej. Jej przekroczenie jest równoznaczne z przypisaniem odcinka do klasy B (stan zadowalający), w przeciwnym wypadku odcinek posiada klasę A (stan dobry),
- **wielkość ostrzegawcza** - W_{ost} – wskazującą na konieczność zabiegu utrzymaniowego w najbliższej przyszłości. Jej przekroczenie jest równoznaczne z przypisaniem odcinka do klasy C (stan niezadowalający),
- **wielkość krytyczną** - W_{kryt} – wskazującą na natychmiastowe potrzeby remontowe. Jej przekroczenie jest równoznaczne z przypisaniem odcinka do klasy stanu D (stan zły),
- **współczynnik znaku** – Z – określający czy dany parametr oznacza gorszy stan dla większych czy mniejszych wielkości stanu. Jeśli wartość stanu powinna rosnać (polepszać się) wraz ze wzrostem wielkości stanu, $Z = 1$, w przeciwnym wypadku $Z = -1$. Większość wielkości stanu posiada $Z = -1$, z wyjątkiem współczynnika tarcia i makrotekstury.

Wielkości pożądana, ostrzegawcza i krytyczna pełnią rolę progów określających, jak oceniać należy wielkości stanu. Do tych 3 progów przypisane są trzy ustalone poziomy wartości stanu (patrz tablica 1). Wartości progowe dzielą przedział dopuszczalnych wartości stanu na klasy stanu (patrz tablica 2).

Tablica 1: Przyporządkowanie wartości stanu do progowych wielkości stanu

Progowa wielkość stanu	Odpowiadająca wartość stanu
W_p	4,5
W_{ost}	2,5
W_{kryt}	1,5

Tablica 2: Przyporządkowanie wartości stanu do klas stanu

Zakres wartości stanu	Klasa stanu
(4,5; 5]	Klasa A (stan dobry)
[2,5; 4,5]	Klasa B (stan zadowalający)
[1,5; 2,5)	Klasa C (stan niezadowalający)
[1; 1,5)	Klasa D (stan zły)

3.1 Funkcja normująca

Funkcja normująca przeprowadza zbiór możliwych wielkości stanu dla danego parametru na przedział [1,5] tak, że wielkości stanu odpowiadające złemu stanowi otrzymują wartość 1, zaś dobremu – 5. Ponadto z tablicy 1, wynika że:

$$FN_{p,s}(W_p) = 4,5$$

$$FN_{p,s}(W_{ost}) = 2,5$$

$$FN_{p,s}(W_{kryt}) = 1,5$$

Pomiędzy wielkościami W_p a W_{ost} oraz W_{ost} a W_{kryt} funkcja jest liniowa. Poza przedziałem $[W_p, W_{kryt}]$ jest stała i wynosi odpowiednio 5 i 1, co odzwierciedla jednakowe traktowanie odcinków w stanie lepszym niż pożądany (klasa A) i analogicznie – jednakowe traktowanie odcinków w stanie gorszym niż krytyczny (klasa D).

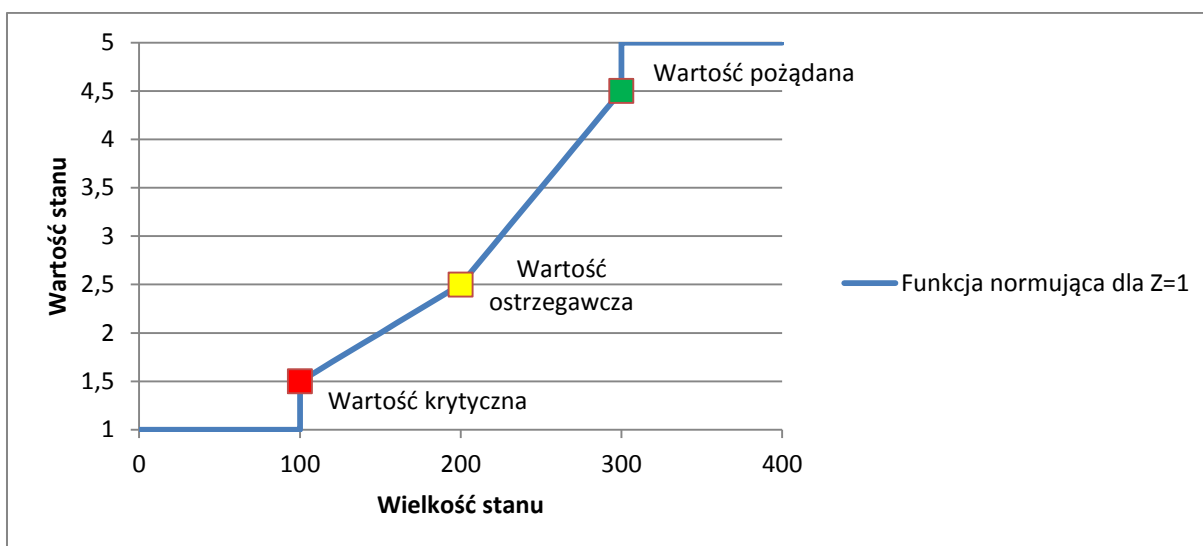
Ogólny wzór na funkcję normującą jest następujący. Przyjmując $x \geq 0$:

$$FN_{p,s}(x) = \begin{cases} 1, & Z \cdot x < Z \cdot W_{kryt} \\ 1,5 + \frac{x - W_{kryt}}{W_{ost} - W_{kryt}}, & Z \cdot W_{kryt} \leq Z \cdot x < Z \cdot W_{ost} \\ 2,5 + 2,0 \cdot \frac{x - W_{ost}}{W_p - W_{ost}}, & Z \cdot W_{ost} \leq Z \cdot x \leq Z \cdot W_p \\ 5 & Z \cdot x > Z \cdot W_p \end{cases}$$

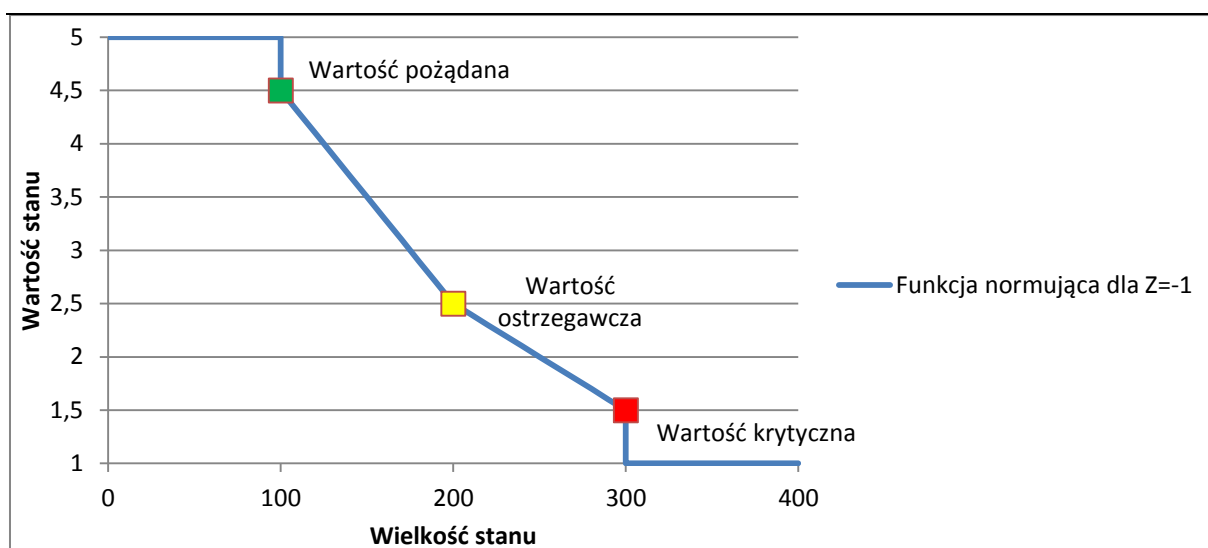
Na rysunkach 2 oraz 3 przedstawiono hipotetyczny przebieg funkcji normującej dla parametru o wielkościach stanu w zakresie 0-400 i parametrach sterujących opisanych w tabelicy 3.

Tabela 3: Przykładowe parametry sterujące dla funkcji normującej, dla hipotetycznego parametru

Parametr sterujący	Wartość przykładowa (warant 1)	Wartość przykładowa (warant 2)
W_{kryt}	100	300
W_{ost}	200	200
W_p	300	100
Z	1	-1



Rysunek 2: Ilustracja przebiegu funkcji normującej dla wariantu 1: hipotetycznego parametru o współczynniku znaku $Z = 1$



**Rysunek 3: Ilustracja przebiegu funkcji normującej dla wariantu 2:
hipotetycznego parametru o współczynniku znaku $Z = -1$**

3.2 Parametry sterujące funkcji normującej

W tabelicy 4 podano parametry sterujące dla poszczególnych wielkości stanu. Wytluszczoną czcionką podano te parametry, które są uwzględniane w procesie wyliczania wskaźników zespolonych.

Tabela 4: Parametry sterujące dla funkcji normujących

Wielkość stanu	Jednostka	W_p	W_{ost}	W_{kryt}	Z
Równość podłużna					
IRI	[m/km]	2	4,3	5,7	-1
AUN	[cm ³]	1	3	9	-1
LWI	[-]	1	3	9	-1
PGR_AVG	[mm]	4	16	25	-1
PGR_MAX	[mm]	1	3,5	5	-1
Równość poprzeczna					
GK	[mm]	10	20	30	-1
GW	[mm]	0,1	4	6	-1
Właściwości przeciwpoślizgowe					
WT	[-]	0,52	0,37	0,30	1
MTD	[mm]	1	0,8	0,6	1
Cechy powierzchniowe – nawierzchnie bitumiczne					
SSP	[%]	1	5	10	-1
LA_N	[%]	1	10	15	-1

Wielkość stanu	Jednostka	W_p	W_{ost}	W_{kryt}	Z
LA_W	[%]	1	10	15	-1
LA	[%]	1	10	15	-1
Cechy powierzchniowe – nawierzchnie betonowe					
P_SD	[m]	0,1	2	4	-1
P_PU	[%]	1	23	35	-1
UN_LU	[-]	0,1	2	3	-1
UN_PU	[%]	1	23	35	-1
UK_DU	[m]	0,1	4	8	-1
UK_PU	[%]	1	23	35	-1
Nośność					
D	[μm]	110	290	520	-1
SCI	[μm]	50	170	270	-1

Wartości stanu dla poszczególnych parametrów oznaczane są w tekście i we wzorach przedrostkiem „WS_” lub symbolem WS_x .

3.3 Pomocnicze wartości stanu

Pomocnicze wartości stanu obliczane są wyjątkowo dla parametrów opisujących uszkodzenia nawierzchni betonowych. Jest to spowodowane rozbiciem identyfikacji na dwa odrębne czynniki:

- występowanie danej cechy wyrażone jako odsetek uszkodzonych płyt i
- średni stopień występowania danej cechy w obrębie uszkodzonych płyt.

Dla oceny stanu pod względem cech powierzchniowych dla nawierzchni betonowych konieczne jest wzięcie pod uwagę obu aspektów każdego parametru.

W celu obliczenia pojedynczej wartości stanu dla takich par parametrów stosuje się średnią geometryczną wyliczaną według wzoru. Przy $x, y \geq 0$:

$$G(x, y) = \sqrt{xy}$$

Wtedy:

$$WS_P = G(WS_{P_SD}, WS_{P_PU})$$

$$WS_{UN} = G(WS_{UN_LU}, WS_{UN_PU})$$

$$WS_{UK} = G(WS_{UK_DU}, WS_{UK_PU})$$

W dalszych obliczeniach oraz w wizualizacjach opisanych w dalszych częściach Tomu 4 stosowane będą wyłącznie wartości WS_P , WS_{UN} i WS_{UK} .

4 Wskaźniki zespolone

Wskaźniki zespolone posiadają tę samą skalę (od 1 do 5) oraz tę samą interpretację (stan zły/dobry) co wartości stanu. Poniższe wzory na wskaźniki zespolone funkcjonują przy założeniu, że wszystkie ich składowe wartości stanu są nieujemne; w przeciwnym przypadku należy postępować zgodnie z ustaleniami rozdziału 5.

Wskaźniki **WSK** (wskaźnik stanu konstrukcji), **WSP** (wskaźnik stanu powierzchni) i **WSU** (wskaźnik stanu użytkowego) obliczane są jako średnie ważone wartości stanu dla różnych zestawów parametrów z uwzględnieniem **zasady przebicia**, która nadaje priorytet parametrom wykazującym stan po przekroczeniu poziomu ostrzegawczego.

Wskaźnik stanu użytkowego obliczany jest następująco:

$$WSU^* = 0,25 \cdot \min(WS_{IRI}, WS_{GK}) + 0,25 \cdot WS_{GW} + 0,5 \cdot WS_{WT}$$

Wskaźnik stanu konstrukcji obliczany jest wedle dwóch wzorów zależnie od typu nawierzchni.

Dla nawierzchni bitumicznych:

$$WSK^* = 0,25 \cdot WS_{SSP} + 0,15 \cdot WS_{LA} + 0,4 \cdot \min(WS_D, WS_{SCI}) + 0,2 \cdot \min(WS_{GK}, WS_{IRI})$$

Dla nawierzchni betonowych:

$$WSK^* = 0,25 \cdot WS_P + 0,15 \cdot \min(WS_{UK}, WS_{UN}) + 0,4 \cdot \min(WS_D, WS_{SCI}) + 0,2 \cdot \min(WS_{GK}, WS_{IRI})$$

Wskaźnik stanu powierzchni obliczany jest wedle dwóch wzorów zależnie od typu nawierzchni.

Dla nawierzchni bitumicznych:

$$WSP^* = 0,25 \cdot \min(WS_{IRI}, WS_{GK}) + 0,5 \cdot WS_{SSP} + 0,25 \cdot WS_{LA}$$

Dla nawierzchni betonowych:

$$WSP^* = 0,35 \cdot \min(WS_{IRI}, WS_{GK}) + 0,3 \cdot WS_P + 0,2 \cdot WS_{UN} + 0,15 \cdot WS_{UK}$$

Następnie w celu obliczenia ostatecznych wartości wskaźników zespolonych uwzględniana jest zasada przebicia mówiąca, że jeśli którakolwiek z wartości stanu wchodzących w skład danego wskaźnika zespolonego jest niższa niż wartość ostrzegawcza, wskaźnik stanu nie może być od niej większy:

$$WSU = \begin{cases} WSU^* & WS_{IRI}, WS_{GK}, WS_{GW}, WS_{WT} \geq 2,5 \\ \min(WS_{IRI}, WS_{GK}, WS_{GW}, WS_{WT}) & \text{w p.p.}^1 \end{cases}$$

W przypadku wskaźnika konstrukcji wzory są różne dla nawierzchni bitumicznych:

$$WSK = \begin{cases} WSK^* & WS_{SSP}, WS_{LA}, WS_D, WS_{SC}, WS_{GK}, WS_{IRI} \geq 2,5 \\ \min(WS_{SSP}, WS_{LA}, WS_D, WS_{SC}, WS_{GK}, WS_{IRI}) & \text{w p.p.} \end{cases}$$

i nawierzchni betonowych

$$WSK = \begin{cases} WSK^* & WS_P, WS_{UK}, WS_{UN}, WS_D, WS_{SC}, WS_{GK}, WS_{IRI} \geq 2,5 \\ \min(WS_P, WS_{UK}, WS_{UN}, WS_D, WS_{SC}, WS_{GK}, WS_{IRI}) & \text{w p.p.} \end{cases}$$

W przypadku wskaźnika stanu powierzchni, wzory są różne dla nawierzchni bitumicznych:

$$WSP = \begin{cases} WSP^* & WS_{IRI}, WS_{GK}, WS_{SSP}, WS_{LA} \geq 2,5 \\ \min(WS_{IRI}, WS_{GK}, WS_{SSP}, WS_{LA}) & \text{w p.p.} \end{cases}$$

i nawierzchni betonowych:

$$WSP = \begin{cases} WSP^* & WS_{IRI}, WS_{GK}, WS_P, WS_{UN}, WS_{UK} \geq 2,5 \\ \min(WS_{IRI}, WS_{GK}, WS_P, WS_{UN}, WS_{UK}) & \text{w p.p.} \end{cases}$$

Wskaźnik oceny ogólnej oblicza się inaczej, zależnie od tego, czy dostępny jest wynik oceny konstrukcji (tj. WSK). Jeśli jest, wskaźnik oceny ogólnej wynosi:

$$WOG = \min(WSU, WSK)$$

W przeciwnym przypadku, gdy dostępny jest jedynie wskaźnik oceny powierzchni, stosuje się wzór:

$$WOG = \min(WSU, WSP)$$

¹ w przeciwnych przypadkach

5 Postępowanie przy danych nieważnych

Dla wielkości stanu, dla których dane zostały oznaczone jako nieważne i zakodowane są w danych wynikowych jako odpowiednie wartości ujemne (patrz [T2/cz4]), wartości stanu przyjmowane są identyczne jak wielkości stanu.

Dla pomocniczych wartości stanu i dla wskaźników zespolonych, jeśli przynajmniej jedna składowa jest ujemna i wskazuje na dane nieważne, wynikowa pomocnicza wartość bądź wskaźnik zespolony przejmuje najmniejszą z ujemnych wartości.

Spis ilustracji

Rysunek 1: Funkcja normująca - schemat	7
Rysunek 2: Ilustracja przebiegu funkcji normującej dla wariantu 1: hipotetycznego parametru o współczynniku znaku $Z = 1$	9
Rysunek 3: Ilustracja przebiegu funkcji normującej dla wariantu 2: hipotetycznego parametru o współczynniku znaku $Z = -1$	10

Spis tablic

Tablica 1: Przyporządkowanie wartości stanu do progowych wielkości stanu	8
Tablica 2: Przyporządkowanie wartości stanu do klas stanu	8
Tablica 3: Przykładowe parametry sterujące dla funkcji normującej, dla hipotetycznego parametru	9
Tablica 4: Parametry sterujące dla funkcji normujących	10