

Załącznik O

**Algorytmy obliczeniowe do analiz w zakresie
planowania na podstawie danych DSN**

Warszawa, maj 2019

Niniejsze opracowanie stanowi załącznik do dokumentu głównego:

**DIAGNOSTYKA STANU NAWIERZCHNI
I WYBRANYCH ELEMENTÓW KORPUSU DROGI**
Wytyczne stosowania

W załącznikach zamieszczono m.in.: szczegółowe zasady realizacji pomiarów, instrukcje dotyczące oceny i klasyfikacji poszczególnych parametrów, zasady wizualizacji i analizy wyników diagnostycznych, instrukcje wykonywania pomiarów, procedury przedsezonowych badań porównawczych, procedury badań kontrolnych na własnym odcinku testowym, katalogi uszkodzeń nawierzchni oraz elementów korpusu drogi

Dokumenty systemu DSN zostały opracowane przez Zespół Autorski pracowników
Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad

Wszelkie prawa zastrzeżone

SPIS TREŚCI

1. Wstęp	5
2. Wskaźniki zespolone	5
3. Rozszerzona ocena globalna stanu nawierzchni	6
4. Algorytm PDnSD	7
5. Algorytm Planu „Nakładek”	10

1. Wstęp

W niniejszym załączniku opisano przykładowe do zastosowania algorytmy związane z wyznaczaniem potrzeb:

1. Ogólnych na sieci dróg krajowych (obliczenie wskaźników stanu).
2. Szczegółowych w zakresie Planu Działania na Sieci Dróg (PDnSD) oraz w ramach planu „nakładek”.

Do adaptacji lub uszczegółowienia algorytmów, wykorzystywanych w rutynowych działaniach, upoważniona jest właściwa komórka organizacyjna Centrali GDDKiA. Algorytmy w zależności od potrzeb, umożliwiają utworzenie m.in. dedykowanych rankingów odcinków na sieci dróg.

Niżej wymienione skróty i symbole zostały opisane w Wytycznych DSN.

2. Wskaźniki zespolone

Do podstawowych wskaźników stanu zaliczamy:

- WSU — wskaźnik stanu użytkowego,
- WSK — wskaźnik stanu konstrukcji,
- WSP — wskaźnik stanu powierzchni,
- WSO — wskaźnik stanu oznakowania poziomego.

Obliczane są one jako średnie ważone wartości stanu dla różnych zestawów parametrów z uwzględnieniem reguły, która nadaje priorytet parametrom, wykazującym stan po przekroczeniu dopuszczalnego progu wielkości danego parametru, tzn. poziomu ostrzegawczego. Wskaźniki te przed uwzględnieniem reguły oznaczone są gwiazdką „* ”.

Zaproponowane poniżej wyliczenia wskaźników stanu powinny zostać zweryfikowane po etapie wdrożenia systemu informatycznego DSN, w trakcie jego eksploatacji.

Wskaźnik stanu użytkowego jest obliczany następująco:

$$WSU^* = 0,25 \min (WS_{IRIC}) + 0,25 WS_{KOLC} + 0,5 WS_{WTP/WTC} \quad (2.1)$$

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

A. Dla nawierzchni asfaltowych:

$$WSK^* = 0,2 \min (WS_{IRIC}, WS_{KOLC}) + 0,25 WS_{WSAA} + 0,15 WS_{LA} + 0,4 \min (WS_{UP}, WS_{UC}). \quad (2.2)$$

B. Dla nawierzchni betonowych:

$$WSK^* = 0,35 \min (WS_{IRIC}, WS_{KOLC}) + 0,5 WS_{PP} + 0,15 \min (WS_{UN}, WS_{UK}), \quad (2.3)$$

$$WSK^* = 0,15 WS_{IRIC} + 0,35 WS_{PP} + WS_{WSBA} \quad (2.4)$$

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

A. Dla nawierzchni asfaltowych:

$$WSP^* = 0,25 \min (WS_{IRIC}, WS_{KOLC}) + 0,5 WS_{SSP} + 0,25 WS_{LA} \quad (2.5)$$

B. Dla nawierzchni betonowych:

$$WSP^* = 0,35 \min (WS_{IRIC}, WS_{KOLC}) + 0,3 WS_{PP} + 0,2 WS_{PK} + 0,15 WS_{WPBA} \quad (2.6)$$

Następnie w celu obliczenia ostatecznych wartości wskaźników zespolonych, uwzględniana jest zasada przebicia (wskaźniki przed jej uwzględnieniem oznaczone są gwiazdką „*”) określająca, że jeśli którakolwiek z wartości stanu, wchodząca w skład danego wskaźnika zespolonego, jest niższa niż wartość ostrzegawcza, wskaźnik stanu nie może być od niej większy:

$$WSU = \begin{cases} WSU^* & \text{dla } (WS_{IRIC}, WS_{KOLC}, WS_{WT}) \geq 25 \\ \min(WS_{IRIC}, WS_{KOLC}, WS_{WT}) < 25, & WSU \leq 25 \end{cases}. \quad (2.7)$$

W przypadku wskaźnika stanu konstrukcji wzory są różne dla nawierzchni asfaltowych:

$$WSK = \begin{cases} WSK^* & \text{dla } (WS_{IRIC}, WS_{KOLC}, WS_{SPP}, WS_{LA}, WS_{UP}, WS_{UC}) \geq 25 \\ \min(WS_{IRIC}, WS_{KOLC}, WS_{SPP}, WS_{LA}, WS_{UP}, WS_{UC}) < 25, & WSK \leq 25 \end{cases}, \quad (2.8)$$

i nawierzchni betonowych:

$$WSK = \begin{cases} WSK^* & \text{dla } (WS_{IRIC}, WS_{KOLC}, WS_{PP}, WS_{UN}, WS_{UK}) \geq 25 \\ \min(WS_{IRIC}, WS_{KOLC}, WS_{PP}, WS_{UN}, WS_{UK}) < 25, & WSK \leq 25 \end{cases}. \quad (2.9)$$

W przypadku wskaźnika stanu powierzchni wzory są różne dla nawierzchni asfaltowych:

$$WSP = \begin{cases} WSP^* & \text{dla } (WS_{IRIC}, WS_{KOLC}, WS_{SPP}, WS_{LA}) \geq 25 \\ \min(WS_{IRIC}, WS_{KOLC}, WS_{SPP}, WS_{LA}) < 25, & WSP \leq 25 \end{cases}, \quad (2.10)$$

i nawierzchni betonowych:

$$WSP = \begin{cases} WSK^* & \text{dla } (WS_{IRIC}, WS_{KOLC}, WS_{PP}, WS_{UN}, WS_{UK}) \geq 25 \\ \min(WS_{IRIC}, WS_{KOLC}, WS_{PP}, WS_{UN}, WS_{UK}) < 25, & WSP \leq 25 \end{cases}. \quad (2.11)$$

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

$$WOG = \min(WSU, WSK). \quad (2.12)$$

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

$$WOG = \min(WSU, WSP). \quad (2.13)$$

3. Rozszerzona ocena globalna stanu nawierzchni

Ocena globalna polega na wyznaczeniu **Wskaźnika Globalnego** (WGL) do celów określania priorytetów (strategii) utrzymania.

Wybór priorytetu utrzymania dróg na rok następny lub ich kombinację ustala:

1. GDDKiA w Warszawie (Centrala GDDKiA) dla całej sieci dróg krajowych.
2. Oddział GDDKiA dla zarządzanej sieci dróg krajowych.

Wybór priorytetu utrzymania pozwala skrócić czas i zoptymalizować proces wyboru zadań do zabiegów utrzymaniowych. Zakres wartości WGL zawiera się w przedziale 0–100 i im większa jest jego wartość, tym lepszy stan nawierzchni. Wskaźniki globalne według dowolnego priorytetu można obliczać dla odcinków o określonej długości 1000 m, odcinków jednorodnych lub miarodajnych oraz jako średnie ważone dla:

1. odcinków międzywęzłowych,
2. ciągów drogowych,
3. wycinków sieci drogowej,
4. całej sieci drogowej.

Wagi poszczególnych wskaźników są zmiennymi decyzyjnymi i zależą od przyjętego priorytetu strategii utrzymania dróg:

Priorytet A — poprawy stanu strukturalnego nawierzchni

WGL_A przyjęto jako wartość sumy:

- wskaźnika stanu konstrukcji WSK z wagą 70%,
- wskaźnika stanu powierzchni WSP z wagą 20%,
- wskaźnika stanu użytkowego WSU z wagą 10%.

$$WGL_A = 0,7 WSK + 0,2 WSP + 0,1 WSU. \quad (3.1)$$

Priorytet B — poprawy stanu bezpieczeństwa ruchu

WGL_B przyjęto jako wartość sumy:

- wskaźnika stanu konstrukcji WSK z wagą 20%,
- wskaźnika stanu powierzchni WSP z wagą 40%,
- wskaźnika stanu użytkowego WSU z wagą 40%.

$$WGL_B = 0,2 WSK + 0,4 WSP + 0,4 WSU. \quad (3.2)$$

Priorytet C — minimalizacji kosztów zabiegów utrzymaniowych

WGL_C przyjęto jako wartość sumy:

- wskaźnika stanu konstrukcji WSK z wagą 10%,
- wskaźnika stanu powierzchni WSP z wagą 30%,
- wskaźnika stanu użytkowego WSU z wagą 60%.

$$WGL_C = 0,1 WSK + 0,3 WSP + 0,6 WSU. \quad (3.3)$$

Dla potrzeb zwiększenia poziomu bezpieczeństwa ruchu drogowego, poprzez poprawę stanu technicznego nawierzchni, zaleca się korzystanie z Priorytetu B. Sklasyfikowane w tym wariantcie zadania, umożliwią w pierwszej kolejności podjęcie działań na odcinkach i miejscach sieci dróg krajowych, na których poziom bezpieczeństwa ruchu drogowego jest najniższy.

4. Algorytm PDnSD

Algorytm Planu Działań na Sieci Drogowej (PDnSD) bazuje na założeniach strategii bezpośrednio w odniesieniu do parametrów techniczno-eksploatacyjnych nawierzchni, z pominięciem funkcji normalizujących.

Algorytm ten służy do obliczania wartości punktowej zadań z przedmiotowego Planu.

Liczbę punktów dla poszczególnych zadań w Planie określa się wg wzoru:

$$\text{liczba punktów} = 0,51 \text{ WSN} + 0,24 \text{ WRPC} + 0,02 \text{ WNS} + 0,02 \text{ WSPEC} + \\ + 0,01 \text{ WBSRT} + 0,2 \text{ WUSSD}. \quad (4.1)$$

w którym:

WSN — wskaźnik stanu nawierzchni — suma wpływu parametrów, uwzględniająca ich wagi, wynikające ze strategii utrzymania dróg, w której priorytetem jest minimalizacja kosztów zabiegów utrzymaniowych. Wskaźnik jest obliczany dla tych rodzajów nawierzchni, dla których wykonane pomiary dają jednoznaczne i porównywalne wyniki; dla nawierzchni innych niż asfaltowe i betonowe wynosi 0.

$$\text{WSN} = 0,1 \text{ PTN} + 0,25 \text{ IRIC} + 0,25 \text{ KOLC} + \\ + 0,2 \max(\text{WSAA}, \text{WSBA}, \text{WPAA}, \text{WPBA}) + 0,2 \text{ WT}. \quad (4.2)$$

gdzie:

PTN — wskaźnik pozostałej trwałości nawierzchni — parametr zespolony, który jest określany na podstawie pozostałej trwałości nawierzchni wyznaczonej na podstawie ugięcia standaryzowanego (wskaźnik ugięcia UP) lub krzywizny ugięcia (wskaźnik SCIP) w zależności od kategorii ruchu i typu konstrukcji nawierzchni (jeśli dane są dostępne) lub stanu spękań.

1. Dla dróg klasy G i GP:

$$\text{PTN} = 1 \times \text{procent dł. odcinka w stanie krytycznym} + \\ + 0,7 \times \text{procent dł. odcinka w stanie ostrzegawczym}. \quad (4.3)$$

2. Dla dróg klasy A i S:

$$\text{PTN} = 1 \times \text{procent dł. odcinka w stanie krytycznym} + \\ + 1 \times \text{procent dł. odcinka w stanie ostrzegawczym}. \quad (4.4)$$

IRIC — wskaźnik równości.

1. Dla dróg klasy G i GP:

$$\text{IRIC} = 1 \times \text{procent dł. odcinka w stanie krytycznym} + \\ + 0,7 \times \text{procent dł. odcinka w stanie ostrzegawczym}. \quad (4.5)$$

2. Dla dróg klasy A i S:

$$\text{IRIC} = 1 \times \text{procent dł. odcinka w stanie krytycznym} + \\ + 1 \times \text{procent dł. odcinka w stanie ostrzegawczym}. \quad (4.6)$$

KOLC — wskaźnik głębokości kolein.

1. Dla dróg klasy G i GP:

$$\text{KOLC} = 1 \times \text{procent dł. odcinka w stanie krytycznym} + \\ + 0,7 \times \text{procent dł. odcinka w stanie ostrzegawczym}. \quad (4.7)$$

2. Dla dróg klasy A i S:

$$\text{KOLC} = 1 \times \text{procent dł. odcinka w stanie krytycznym} + \\ + 1 \times \text{procent dł. odcinka w stanie ostrzegawczym}. \quad (4.8)$$

WSAA, WSBA — wskaźnik stanu spękań (dla nawierzchni asfaltowej i betonowej).

1. Dla dróg klasy G i GP:

$$WSAA, WSBA = 1 \times \text{procent d\%l. odcinka w stanie krytycznym} + 0,7 \times \text{procent d\%l. odcinka w stanie ostrzegawczym}. \quad (4.9)$$

2. Dla dróg klasy A i S:

$$WSAA, WSBA = 1 \times \text{procent d\%l. odcinka w stanie krytycznym} + 1 \times \text{procent d\%l. odcinka w stanie ostrzegawczym}. \quad (4.10)$$

WPAA, WPBA — wskaźnik stanu powierzchni (dla nawierzchni asfaltowej i betonowej).

1. Dla dróg klasy G i GP:

$$WPAA, WPBA = 1 \times \text{procent d\%l. odcinka w stanie krytycznym} + 0,7 \times \text{procent d\%l. odcinka w stanie ostrzegawczym}. \quad (4.11)$$

2. Dla dróg klasy A i S:

$$WPAA, WPBA = 1 \times \text{procent d\%l. odcinka w stanie krytycznym} + 1 \times \text{procent d\%l. odcinka w stanie ostrzegawczym}. \quad (4.12)$$

WT — wskaźnik współczynnika tarcia.

1. Dla dróg klasy G i GP:

$$WT = 1 \times \text{procent d\%l. odcinka w stanie krytycznym} + 0,7 \times \text{procent d\%l. odcinka w stanie ostrzegawczym}. \quad (4.13)$$

2. Dla dróg klasy A i S:

$$WT = 1 \times \text{procent d\%l. odcinka w stanie krytycznym} + 1 \times \text{procent d\%l. odcinka w stanie ostrzegawczym}. \quad (4.14)$$

WRPC — wskaźnik ruchu pojazdów ciężkich.

$$WRPC = 10 \frac{\text{średnia dobową liczbą pojazdów ciężkich}}{\text{średnia dobową liczbą pojazdów ciężkich dla danej klasy drogi}}. \quad (4.15)$$

Dane przyjmuje się na podstawie ostatnich wyników GPR.

WNS — wskaźnik nienormatywnej szerokości.

$$WNS = \begin{cases} 100, & \text{szerokość jezdni} < 7,0 \text{ m} \\ 0, & \text{szerokość jezdni} \geq 7,0 \text{ m} \end{cases}. \quad (4.16)$$

WSPEC — wskaźnik specjalny.

$$WSPEC = \begin{cases} 3000, & \text{jeśli występuje zagrożenie utraty przejezdności drogi,} \\ 1500, & \text{jeśli na odcinku wprowadzono znakami pionowymi ograniczenie DMC (dopuszczalnej masy całkowitej),} \\ 1000, & \text{jeśli odcinek stanowi dojazd do SSE, zakładu pracy finansowanego ze środków budżetu państwa/UE generujących ruch ciężki lub przejścia granicznego,} \\ 1000, & \text{w celu uporządkowania dojazdów byłych przejść granicznych,} \\ 2000, & \text{w przypadku autostrady lub drogi ekspresowej.} \end{cases}$$

Wartości wskaźnika WSPEC należy zsumować, w zależności od konkretnego przypadku.

WBSRT — wskaźnik braku szorstkości — wskaźnik teoretyczny stosowany tylko dla nawierzchni innych niż asfaltowe i betonowe, dla których z uwagi na trudności w pozyskaniu jednoznacznych wyników diagnostyki wartość wskaźnika stanu nawierzchni przyjmuje się równą 0.

Wartość wskaźnika ustalono przy założeniu, że dla nawierzchni innych niż asfaltowe i betonowe, następujące parametry wynoszą:

$$\begin{aligned} \text{IRIC} &= 100, \text{KOLC} = 100, \text{WT} = 100, \\ \text{PTN} &= 0, (\text{WPAA}, \text{WPBA}) = 0, (\text{WSAA}, \text{WSBA}) = 0. \end{aligned}$$

Stosując model wskaźnika stanu nawierzchni mamy

$$\begin{aligned} \text{WSN} &= 0,1\text{PTN} + 0,25\text{IRIC} + 0,25\text{KOLC} + \\ &+ 0,2 \max(\text{WSAA}, \text{WSBA}, \text{WPAA}, \text{WPBA}) + 0,2\text{WT} = 70. \end{aligned} \quad (4.17)$$

czyli $0,51 \text{ WSN} = 0,51 \cdot 70 = 35,7 = 0,01 \text{ WBSRT}$.

Oznacza to, że wskaźnik braku szorstkości dla nawierzchni innych niż asfaltowe i betonowe powinien wynosić 3570.

WUSSD — wskaźnik ujednolicenia stanu sieci drogowej.

1. Jeśli odcinek leży w województwie, dla którego wskaźnik natychmiastowych potrzeb d_{sr} przekracza średni wskaźnik d_{sr} , to

$$\text{WUSSD} = 300.$$

2. Jeśli odcinek leży w województwie, dla którego wskaźnik natychmiastowych potrzeb d nie przekracza średniego wskaźnika d_{sr} , to

$$\text{WUSSD} = 0.$$

Województwa, dla których wskaźnik natychmiastowych potrzeb d przekracza średni wskaźnik d_{sr} , są przyjmowane na podstawie raportu o stanie nawierzchni sieci dróg krajowych za rok poprzedni.

5. Algorytm Planu „Nakładek”

Algorytm do obliczania wartości punktowej zadań z planu „Nakładek” ma postać:

$$\text{liczba punktów} = 0,8 \text{ WSNN} + 0,2 \text{ WUSSD}. \quad (5.1)$$

w którym:

WSNN — wskaźnik stanu nawierzchni.

$$\text{WSNN} = 0,25 \text{ IRIC} + 0,25 \text{ KOLC} + 0,3 \max(\text{WSAA}, \text{WPAA}) + 0,2 \text{ WT}, \quad (5.2)$$

pod warunkiem, że:

1. UP i SCIP nie może być w stanie krytycznym lub ostrzegawczym,
2. WT uwzględniamy jeśli jeden z parametrów: IRIC, KOLC, WPAA, WSAA występuje co najmniej w klasie C.

gdzie:

IRIC — wskaźnik równości.

1. Dla dróg klasy G i GP:

$$\begin{aligned} \text{IRIC} &= 1 \times \text{procent dł. odcinka w stanie krytycznym} + \\ &+ 0,7 \times \text{procent dł. odcinka w stanie ostrzegawczym}. \end{aligned} \quad (5.3)$$

2. Dla dróg klasy A i S:

$$\text{IRIC} = 1 \times \text{procent d\l. odcinka w stanie krytycznym} + \\ + 1 \times \text{procent d\l. odcinka w stanie ostrzegawczym.} \quad (5.4)$$

KOLC — wskaźnik głębokości kolein.

1. Dla dróg klasy G i GP:

$$\text{KOLC} = 1 \times \text{procent d\l. odcinka w stanie krytycznym} + \\ + 0,7 \times \text{procent d\l. odcinka w stanie ostrzegawczym.} \quad (5.5)$$

2. Dla dróg klasy A i S:

$$\text{KOLC} = 1 \times \text{procent d\l. odcinka w stanie krytycznym} + \\ + 1 \times \text{procent d\l. odcinka w stanie ostrzegawczym.} \quad (5.6)$$

WSAA — wskaźnik stanu spękań.

1. Dla dróg klasy G i GP:

$$\text{WSAA} = 1 \times \text{procent d\l. odcinka w stanie krytycznym} + \\ + 0,7 \times \text{procent d\l. odcinka w stanie ostrzegawczym.} \quad (5.7)$$

2. Dla dróg klasy A i S:

$$\text{WSAA} = 1 \times \text{procent d\l. odcinka w stanie krytycznym} + \\ + 1 \times \text{procent d\l. odcinka w stanie ostrzegawczym.} \quad (5.8)$$

WPAA — wskaźnik stanu powierzchni.

1. Dla dróg klasy G i GP:

$$\text{WPAA} = 1 \times \text{procent d\l. odcinka w stanie krytycznym} + \\ + 0,7 \times \text{procent d\l. odcinka w stanie ostrzegawczym.} \quad (5.9)$$

2. Dla dróg klasy A i S:

$$\text{WPAA} = 1 \times \text{procent d\l. odcinka w stanie krytycznym} + \\ + 1 \times \text{procent d\l. odcinka w stanie ostrzegawczym.} \quad (5.10)$$

WUSSD — wskaźnik ujednolicenia stanu sieci drogowej.

1. Jeśli odcinek leży w województwie, dla którego wskaźnik łącznych potrzeb cd przekracza średni wskaźnik cd_{sr} , to

$$\text{WUSSD} = 100.$$

2. Jeśli odcinek leży w województwie, dla którego wskaźnik łącznych potrzeb cd nie przekracza średniego wskaźnika cd_{sr} , to

$$\text{WUSSD} = 0.$$

Województwa, dla których wskaźnik łącznych potrzeb cd przekracza średni wskaźnik cd_{sr} , są przyjmowane na podstawie raportu o stanie nawierzchni sieci dróg krajowych za rok poprzedni.