

Pomiary widzialności poziomej

Krzysztof Markowicz

Instytut Geofizyki, Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski

Czas trwania: 15-45 minut

Czas obserwacji: przed lub po pomiarach fotometrem słonecznym

Wymagane warunki meteorologiczne: dowolne

Dodatkowe wymagania: widoczne w dużej odległości od szkoły naturalne lub sztuczne przeszkody terenowe

Częstotliwość wykonania: 1-3 razy w ciągu dnia

Poziom szkoły: gimnazjum, liceum

Materiały i przyrządy: brak

1. Wstęp

Widzialności atmosferyczna określona jest przez własności optyczne atmosfery oraz rozkład przestrzenny promieniowania słonecznego. Głównymi składnikami atmosfery ograniczającymi widzialność są hydrometeory (produkty kondensacji pary wodnej takie jak deszcz, śnieg, mżawka). Jednak przy ich braku widzialność może być znacznie ograniczoną za sprawą zawartych w powietrzu aerozoli atmosferycznych. W skrajnych przypadkach zanieczyszczenia powietrza mogą redukować widzialności po niżej 1 km.

Początkowo w meteorologii pojęcie widzialności było wielkością subiektywną, określaną w oparciu o tzw. repery (patrz ćwiczenie z szacowanie widzialności poziomej). Wielkość ta zdefiniowana została, jako odległości, przy której obserwowany ciemny obiekt w pobliżu horyzontu jest jeszcze widoczny i rozpoznawalny na tle nieboskłonu. Wraz z rozwojem technik pomiarowych pojęcie widzialności dostosowano do potrzeb współczesnej meteorologii. Wprowadzono pojęcie meteorologicznego zasięgu optycznego, które określa odległość, przy której kontrast pomiędzy obiektem znajdującym się blisko horyzontu a nieboskładem wynosi 0,02 czyli jest na granicy widzenia. Średnio człowiek rozpoznaje obiekty, gdy mają one kontrast powyżej 0,02. Meteorologiczny zasięg optyczny jest wielkością obiektywną i tylko w przybliżeniu równoznaczną z widzialnością atmosferyczną. Widzialność w przeciwieństwie do

meteorologicznego zasięgu optycznego zależy od indywidualnych predyspozycji człowieka oraz warunków radiacyjnych w atmosferze.

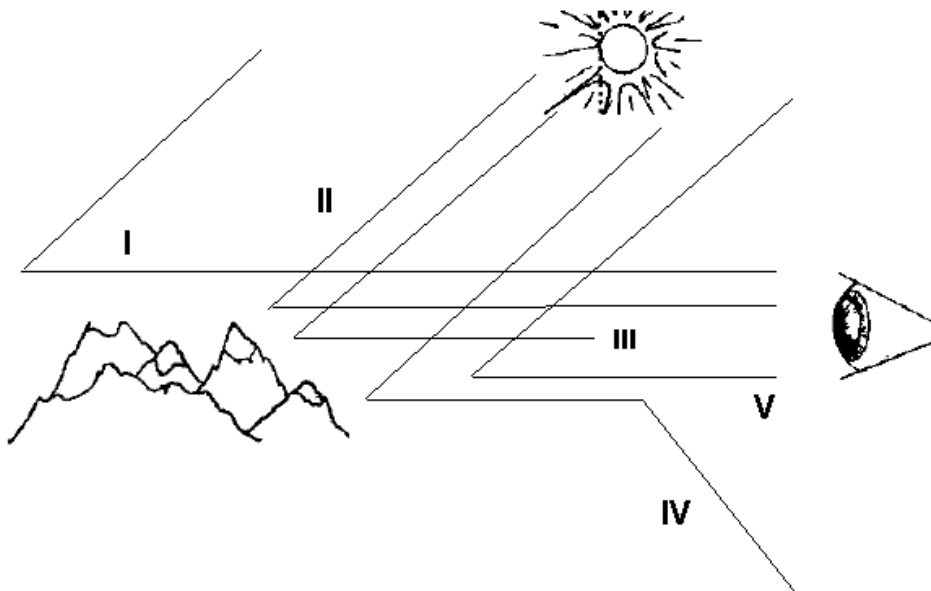
Kontrast opisuje ilościowo różnicę pomiędzy obiektem a jego tłem. Kontrast obiektu w zerowej odległości zdefiniowany jest następująco

$$C(0) = \frac{I_t(0) - I_b(0)}{I_b(0)} \quad (1)$$

gdzie, $I_t(0)$ oraz $I_b(0)$ są natężenia światła odbitego (rozproszonego) od obiektu oraz natężenie światła tła. W przypadku obiektów o zerowym współczynniku odbicia (obiekt czarny) kontrast wynosi -1. Analogicznie kontrast w odległości r wyraża się wzorem

$$C(r) = \frac{I_t(r) - I_b(r)}{I_b(r)}. \quad (2)$$

Wraz ze wzrostem odległości wartość bezwzględna kontrast zmniejsza się (dąży do zera) ze względu na procesy rozpraszania i absorpcji światła w atmosferze. Obrazuje to ryc. 1, który ukazuje, że do obserwatora docierają również promieniowanie słoneczne, które nie zostały odbite przez pasmo wzniesień. Im więcej takich promieni tym słabszy kontrast i gorsza widoczność pasma wzniesień.



Ryc. 1 Redukcja kontrastu pasma wzniesień w skutek procesów rozpraszania i absorpcji promieniowania słonecznego w atmosferze. Promień I opisuje część promieniowania słonecznego, która jest rozpraszana za górami i dociera do obserwatora, II - IV opisują promieniowanie, które jest odbijane od gór i część niego dociera do obserwatora (II), druga część zostaje pochłonięta w powietrzu (III) a pozostała zostaje rozproszona i nie dociera do obserwatora (IV). Ostatni przypadek V opisuje promieniowania słonecznego, które zostaje rozproszone w kierunku obserwatora na drodze łączącego obserwatora z górami.

Oslabienie kontrastu w raz z oddalaniem od obiektu opisuje prawo wykładnicze w postaci

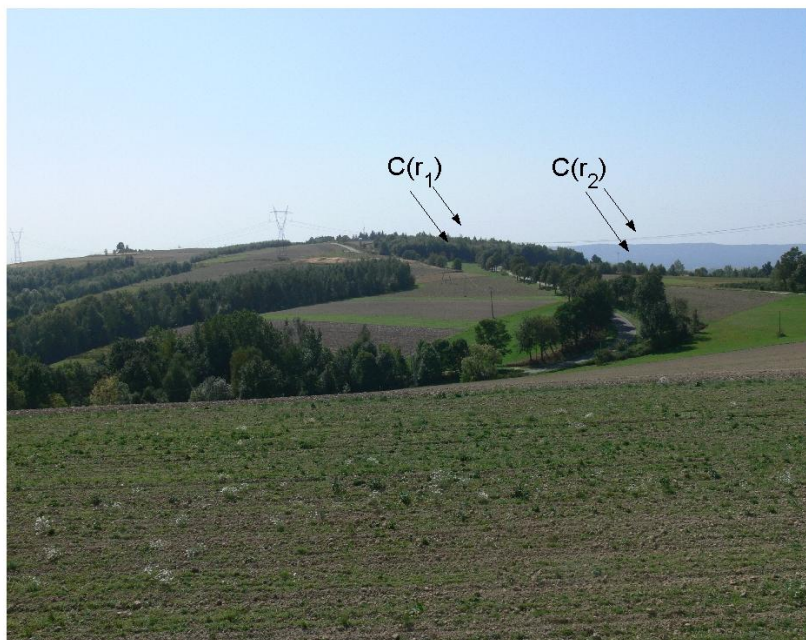
$$C(r) = C(0)\exp(-\sigma r) \quad (3)$$

gdzie σ jest współczynnikiem ekstynkcji [1/km]. Wielkość ta opisuje własności optyczne powietrza uwzględniające procesy rozpraszania oraz pochłaniania światła. Im większa ekstynkcja tym silniejszy spadek kontrastu z odległością. Zakładając redukcję kontrastu do 2% czyli

$$C(r) = 0.02C(0) \quad (4)$$

Otrzymujemy wzór na widzialność VIS wyprowadzony przez Koschmiedera w 1921 roku

$$\text{VIS} = \frac{\ln 50}{\sigma}. \quad (5)$$



Ryc.2 Definiowanie kontrastu lasu dla dwóch pasm wzniesień w rejonie Podkarpacia. Zabarwienie niebieskie coraz dalszych obiektów jest związane z silnym rozpraszaniem fal najkrótszych w atmosferze. W rzeczywistości obiekty te nie są niebieskie a jedynie efekty atmosferyczne zmieniają ich pozorny wygląd.

Wyznaczenie widzialność sprowadza się, więc do wyznaczenia współczynnika ekstynkcji aerozoli σ . W tym celu możemy posłużyć się zdjęciem cyfrowym, na którym widnieje obraz obiektu znajdującego się blisko horyzontu. Wyznaczenie widzialności przy użyciu tej techniki wymaga znajomości kontrastu w zerowej odległości. Innym podejście jest wykonanie zdjęcia w dwóch różnych

odległościach od obiektu r_1 oraz r_2 lub wykonanie jednego zdjęcia na którym widoczne są identyczne (lub podobne obiekty) znajdujące się w różnych odległościach (rys. 2). W obu przypadkach otrzymujemy układ dwóch równań na dwie niewiadome $C(0)$ oraz σ

$$\begin{aligned} C(r_1) &= C(0) \exp(-\sigma r_1) \\ C(r_2) &= C(0) \exp(-\sigma r_2) \end{aligned} \quad (6)$$

Rozwiązanie tego równania pozwala wyznaczyć współczynniki ekstynkcji a następnie widzialności ze wzoru Koschmiedera. Ekstynkcja aerozolu jest wielkością zbliżoną do grubości optycznej (patrz ćwiczenie z fotometru słonecznego), przy czym ta druga oznacza zawartości aerozoli w całej kolumnie powietrza a ekstynkcji jest związana ilością aerozoli tuż przy powierzchni ziemi.

2. Przyrządy pomiarowe

Głównym przyrządem pomiarowym jest w tym przypadku będzie aparat cyfrowy o rozdzielczości minimum 3 Mpix. Ponadto używać będziemy kompasu oraz mapy lub serwisu maps.google.pl do określania odległości obiektów od szkoły. Dodatkowo używać będziemy programu komputerowego, który pozwoli przeprowadzić analizę wyników i wyznaczyć wielkości fizyczne takie jak ekstynkcja oraz widzialność pozioma.

3. Przeprowadzenie obserwacji

Przeprowadzenie obserwacji widzialnością tą metodą wymaga odpowiednich warunków terenowych. Główną kwestią są naturalne lub sztuczne przeszkody terenowe widoczne w odległości minimum 5-10 km. Optymalną sytuację mamy gdy z okolic szkoły widoczne są 2 pasma wzniesień znajdujące się w różnych odległościach (patrz ryc. 2). W przypadku gdy widoczne jest jedynie jeden obiekt musimy zaplanować wycieczkę i wykonać zdjęcia obiektu z dwóch różnych odległości. W tym przypadku musimy jednak pamiętać, aby warunki oświetleniowe nie zmieniły się zbyt wiele pomiędzy wykonaniem obu zdjęć. Jeśli w przypadku pierwszego zdjęcia słońce jest za chmurami to w drugim również musi tak być. Ponadto różnica odległości wykonanych zdjęć musi być znacząca. Np. jeśli obiekt znajduje się 10 km od szkoły to drugie zdjęcie musimy wykonać w odległości nie dalszej niż 5 km. Pamiętajmy, aby nie zmieniać ustawień aparatu dla obu zdjęć. Po wykonaniu zdjęcia lub 2 zdjęć przegrywamy

je do komputera a następnie używamy programu do wyznaczenia ekstynkcji i widzialności.

Procedura pomiarowa

1. Przeprowadź analizę obiektów znajdujących się w odległości od ok. 5 do 25 km od szkoły
2. Wybierz o ile to możliwe dwa podobne obiekty znajdujące się w różnych odległościach od szkoły (metoda I) ale na tyle, blisko aby można je była sfotografować na jednym zdjęciu.
3. Przy użyciu kompasu okres ich azymut a serwisu maps.google.pl zmierz odległości w prostej linii do nich z dokładnością lepszą niż 100 metrów.
4. Wykonujemy zdjęcie dwóch obiektów (metoda I)
5. Jeśli nie mamy dwóch obiektów lokalizujemy jeden w odległości min. 5-10 km ale nie większej niż 15 km (metoda II).
6. W przypadku metody II wykonujemy zdjęcie tego obiektu a następnie przemieszczamy się bliżej obiektu (zmieniając odległość, o co najmniej 30-50%) i wykonujemy drugie zdjęcie.
7. Określamy widzialność (przejrzystość) powietrza wybierając jedną z proponowanych opcji:
 - bardzo dobra
 - dobra
 - umiarkowana
 - słaba
 - bardzo słaba.
8. Zgrywamy zdjęcie/a na komputer
9. Uruchamiamy program i wskazujemy, którą metodę wybieram I lub II
10. Po załadowaniu zdjęć/a wskazujemy kursorem na lokalizację fotografowanych obiektów
11. Program oblicza kontrast, ekstynkcje oraz widzialność
12. Zapisujemy i przesyłamy wyniki na serwer

4. Protokół wyników

Wypełniamy tabelę każdorazowo podczas wykonywania obserwacji widzialności. Wpisujemy datę pomiaru, godzinę w czasie uniwersalnym (odjąć 2 godziny dla czasu letniego lub odjąć 1 godzinę dla czasu zimowego),

współczynnik ekstynkcji, widzialność uzyskana na podstawie programu komputerowego. Dodatkowo zaznaczamy jedną z opcji charakteryzującą przejrzystość powietrza.

data	godzina [UTC]	Ekstynkcja [1/km]	widzialność [km]	przejrzystość powietrza				
				bardzo dobra	dobra	umiarkowana	słaba	bardzo słaba

5. Analiza wyników

Porównaj obliczoną widzialność z obserwowaną przejrzystością powietrza. Przedyskutuj, od czego zależy dokładność metody pomiaru widzialności przy użyciu aparatu cyfrowego? Czy możesz zaproponować ulepszenie tej metody lub zaproponować inną metodę pomiarową?

6. Literatura

[1] Markowicz, K., Amatorskie pomiary meteorologiczne: pomiar widzialności i współczynnika ekstynkcji, Delta, 05/2010.

<http://mimuw.edu.pl/delta/artykuly/delta2010-05/2010-05-pomiary.pdf>