

## Wpływ kierunku iluminacji na wyniki geologicznej interpretacji DEM — przykłady z Karpat Zachodnich

Wojciech Ozimkowski<sup>1</sup>



**Effect of direction of sun shading on geological interpretation of DEM – examples from the Western Carpathians.** *Prz. Geol.*, 58: 862–866.

*Abstract.* The paper presents results of comparison of 2 sets of geological interpretations of the same DEM (Digital Elevation Model), obtained with 2 different, perpendicular sun shading directions (N and E). Lineaments perpendicular to sun shading direction are at least 10 times better visible than lineaments parallel to it but this influence is visible only at relatively narrow angles. In turn, lineaments situated between ca. 25–65° from sun shading direction show no such influence so they fit to statistical purposes.

W. Ozimkowski    **Keywords:** DEM, lineaments, sun shading, Carpathians

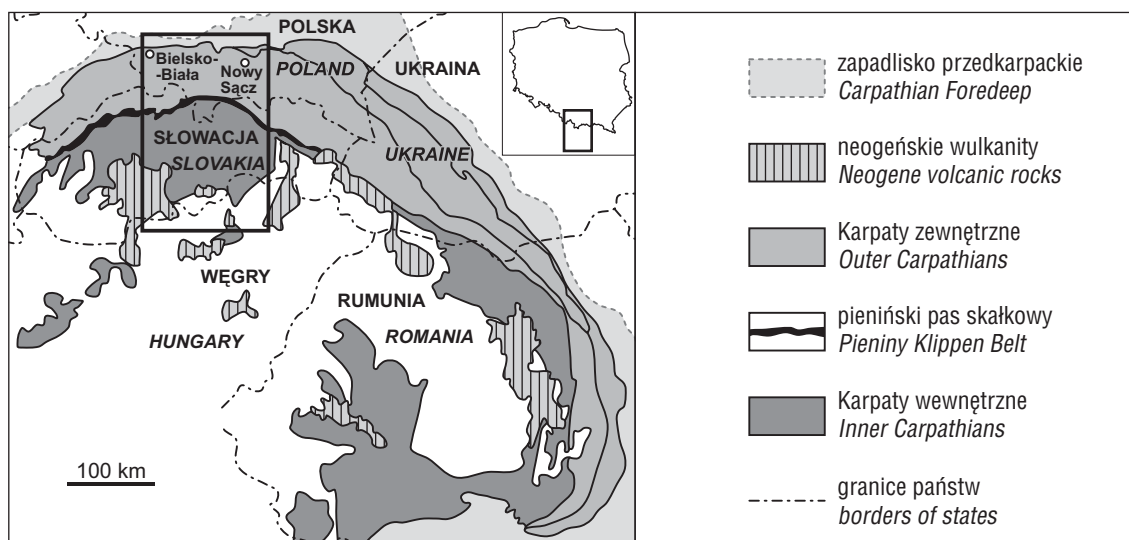
Rosnąca popularność geologicznej interpretacji cyfrowych modeli rzeźby terenu, określanych jako DEM (Digital Elevation Model) (Ostaficzuk, 2003; Chodyń, 2004; Badura, Przybylski, 2005; Graniczny i in., 2005; Konon, Śmigielski, 2006), skłania do zainteresowania się metodyką ich interpretacji. Interesujący jest zwłaszcza wpływ zmiennych parametrów wizualizacji DEM – przewyższenia oraz pionowego kąta oświetlenia i kierunku iluminacji – na czytelność treści geologicznej modelu. Kierunek iluminacji ma zasadniczy wpływ na czytelność liniowych elementów morfostrukturalnych, a więc i liniowych struktur geologicznych (głównie tektonicznych) widocznych na cyfrowych modelach rzeźby terenu. Wyeksponowaniu ulegają lineamenty (*sensu* O’Leary i in., 1976) prostopadłe, a w mniejszym stopniu skośne do kierunku iluminacji, zaś równoległe do niego stają się bardzo słabo widoczne (Cooper, 2003). W celu ilościowego określenia tego zróżnicowania wykonano dwie serie interpretacji cyfrowego modelu rzeźby terenu tego samego obszaru, przy stałym przewyższeniu i stałym pionowym kącie oświetlenia, zmieniając jedynie kierunek

iluminacji z północnego na wschodni, a następnie porównano ilościowe parametry sieci lineamentów uzyskanych w obu seriach interpretacji.

### Metodyka

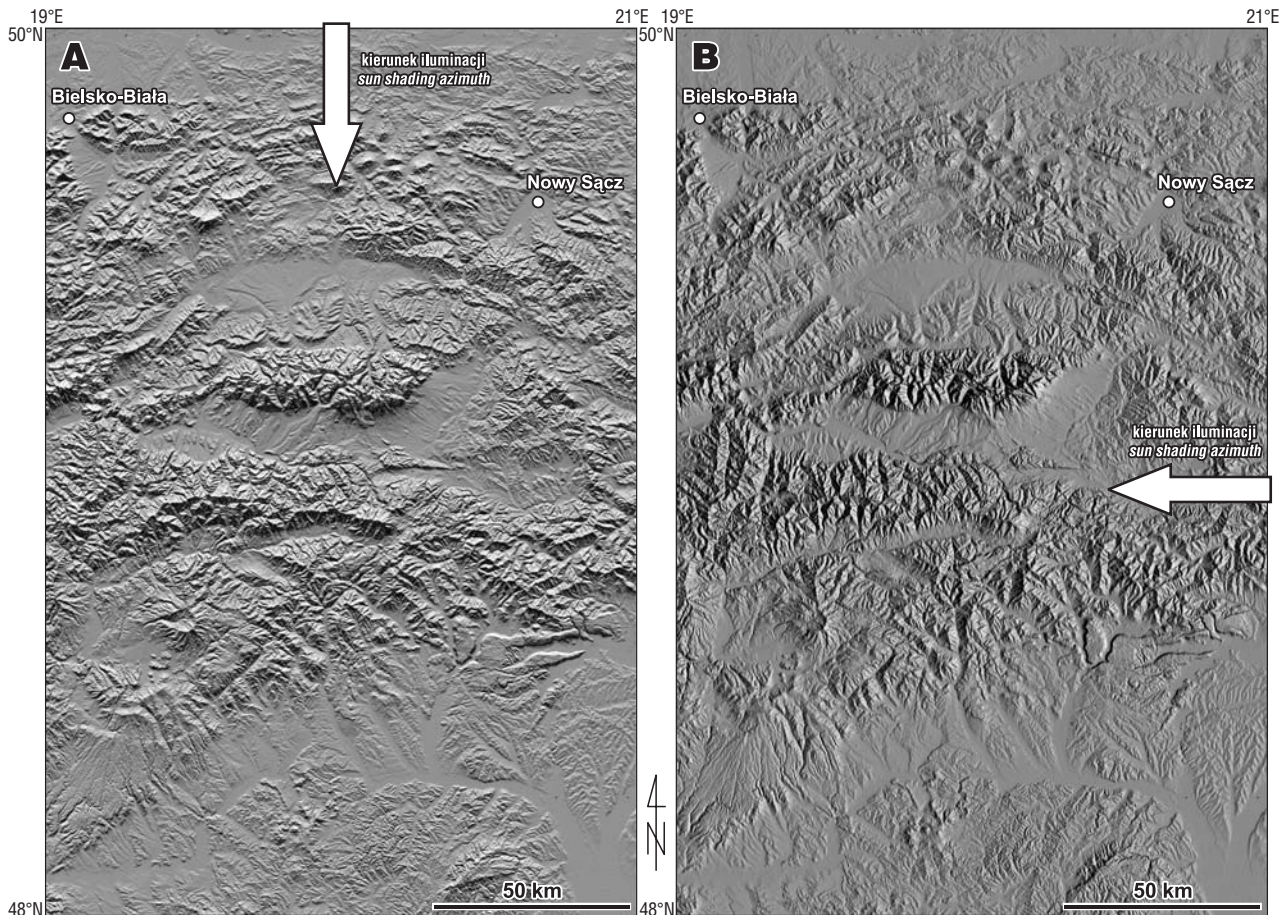
Do badań wybrano obszar o rozmiarach ok. 225×150 km, obejmujący fragment Karpat od ich północnego do południowego brzegu, zawierający w środku Tatry, na zachodzie sięgający po Bielsko Białą, a na wschodzie nieco poza Nowy Sącz (ryc. 1). Wykorzystano cyfrowy model terenu SRTM-3 w wersji „wyłatanej” (<http://srtm.csi.cgiar.org/index.asp>), łączony, przycinany i wizualizowany za pomocą programu MicroDEM 8.0 Petera Gutha (<http://www.usna.edu/Users/oceano/pguth/website/microdemdown.htm>).

Model wizualizowano przy stałym, trzykrotnym przewyższeniu i stałym pionowym kącie oświetlenia (35°), ale przy dwóch różnych kierunkach iluminacji – północnym i wschodnim (ryc. 2A, B). Model interpretowano w skali 1:800 000. Dla obu kierunków iluminacji zebrano po 10



**Ryc. 1.** Lokalizacja badanego obszaru na tle mapy tektonicznej Karpat  
**Fig. 1.** Location of the study area at the background of tectonic map of the Carpathians

<sup>1</sup>Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; wojciech.ozimkowski@uw.edu.pl



Ryc. 2. DEM przy iluminacji z północy (A) i wschodu (B) (obszar zaznaczony ramką na ryc. 1)

Fig. 2. DEM with sun shading from the North (A) and East (B) (marked area – Fig. 1)

interpretacji wykonanych przez 10 różnych interpretatorów. Lineamenty przedstawione na indywidualnych interpretacjach zwektoryzowano, a następnie, stosując metodę pokryć wielokrotnych (Ozimek & Mardal, 1994; Karnkowski & Ozimek, 2001) połączono w dwie interpretacje zbiorcze: dla iluminacji północnej (ryc. 3A) i dla iluminacji wschodniej (ryc. 3B). Następnie porównano podstawowe średnie parametry obu interpretacji zbiorczych (tab. 1), a w celu szczegółowego określenia różnic w ich wynikach, dla obu wykonano diagramy rozetowe (ryc. 4, 5).

### Wyniki

Poszczególne interpretacje indywidualne różniły się między sobą zarówno liczbą lineamentów, jak i ich sumaryczną długością. Mniej liczne zawierały niecałe 100 line-

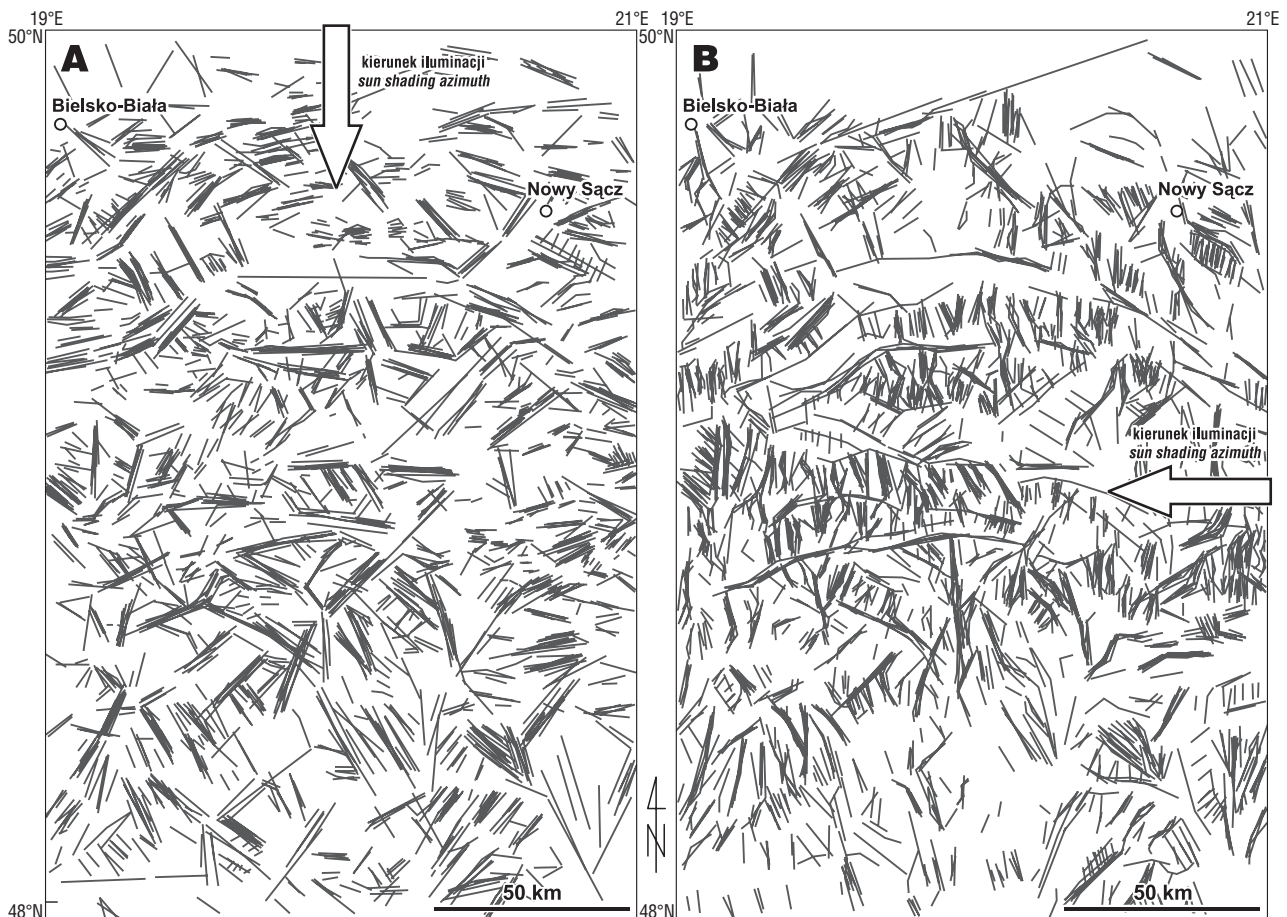
amentów (minimum 84) o łącznej długości poniżej 1000 km (minimum 766 km), a najliczniejsze około 500 lineamentów (maksimum 524) o łącznej długości przekraczającej 4000 km (maksimum 4656 km). Średnie parametry ilościowe lineamentów dla wszystkich interpretacji – z podziałem na dwie grupy o różnych kierunkach iluminacji – przedstawia tabela 1. Parametry te są bardzo zbliżone dla obu kierunków iluminacji, a niewielkie różnice mogą wynikać z rzeczywistego zróżnicowania sieci lineamentów występujących na analizowanym obszarze.

Obie interpretacje zbiorcze (ryc. 3) wyraźnie różnią się orientacjami lineamentów, co można stwierdzić już porównując je wizualnie: przy iluminacji północnej przeważają lineamenty równoleżnikowe (ryc. 3A), zaś przy wschodniej – południkowe (ryc. 3B). Precyzyjniej ilościowo można określić różnice kierunkowe analizując diagramy

Tab. 1. Porównanie średnich parametrów 10 interpretacji tego samego DEM wykonanych przy dwóch prostopadłych kierunkach iluminacji

Table 1. Average parameters of two sets of 10 interpretations based on the same DEM with perpendicular directions of sun shading

	Liczba lineamentów <i>Number of lineaments</i>	Minimalna długość lineamentu <i>Min. Length of lineament</i> [km]	Maksymalna długość lineamentu <i>Max. Length of lineament</i> [km]	Sumaryczna długość lineamentów <i>Total length of lineaments</i> [km]	Średnia długość lineamentu <i>Average length of lineament</i> [km]
Iluminacja N <i>Sun shading N</i> 000°	230,5	2,5	33,0	2029	7,50
Iluminacja E <i>Sun shading E</i> 090°	250,8	3,1	35,7	2250	9,24



Ryc. 3. Interpretacje zbiorcze dla iluminacji północnej (A) i wschodniej (B)  
 Fig. 3. Multi-coverage interpretations for the North (A) and East (B) sun shading

rozetowe (ryc. 4, 5) przedstawiające rozkład liczby lineamentów (A), ich sumarycznej długości (B) i średniej długości lineamentu (C) w 18 klasach azymutów po  $10^\circ$ . Diagramy te wskazują na bardzo wyraźną zależność analizowanych parametrów lineamentów od zastosowanego kierunku iluminacji (ryc. 4, 5).

Zakładając równomierny (losowy) rozkład orientacji i długości lineamentów, na jedną 10-stopniową klasę powinno przypadać średnio ok. 5,55% całkowitej ich liczby lub długości, tymczasem lineamentów prostopadłych do kierunku iluminacji jest 2–3 razy więcej (10,07% liczby dla iluminacji N i 15,11% dla iluminacji E – ryc. 4A i 5A). Prawie niewidoczne są natomiast lineamenty równoległe do kierunku iluminacji, a ilość ich spada nawet poniżej 1% (0,82% liczby dla iluminacji N i 1,50% dla E). Podobnie wygląda rozkład sumarycznej długości lineamentów, choć tu różnice są nieco mniejsze (ryc. 4B i 5B). Tak więc różnica czytelności pomiędzy lineamentami prostopadłymi i równoległymi do iluminacji może przekraczać rząd wielkości ( $10,07:0,82 = 12,28$  dla iluminacji N i  $15,11:1,50 = 10,07$  dla iluminacji E). Te same lineamenty, doskonale czytelne są w pozycji prostopadłej do kierunku iluminacji, a praktycznie niewidoczne na drugiej interpretacji, przy iluminacji do nich równoległej.

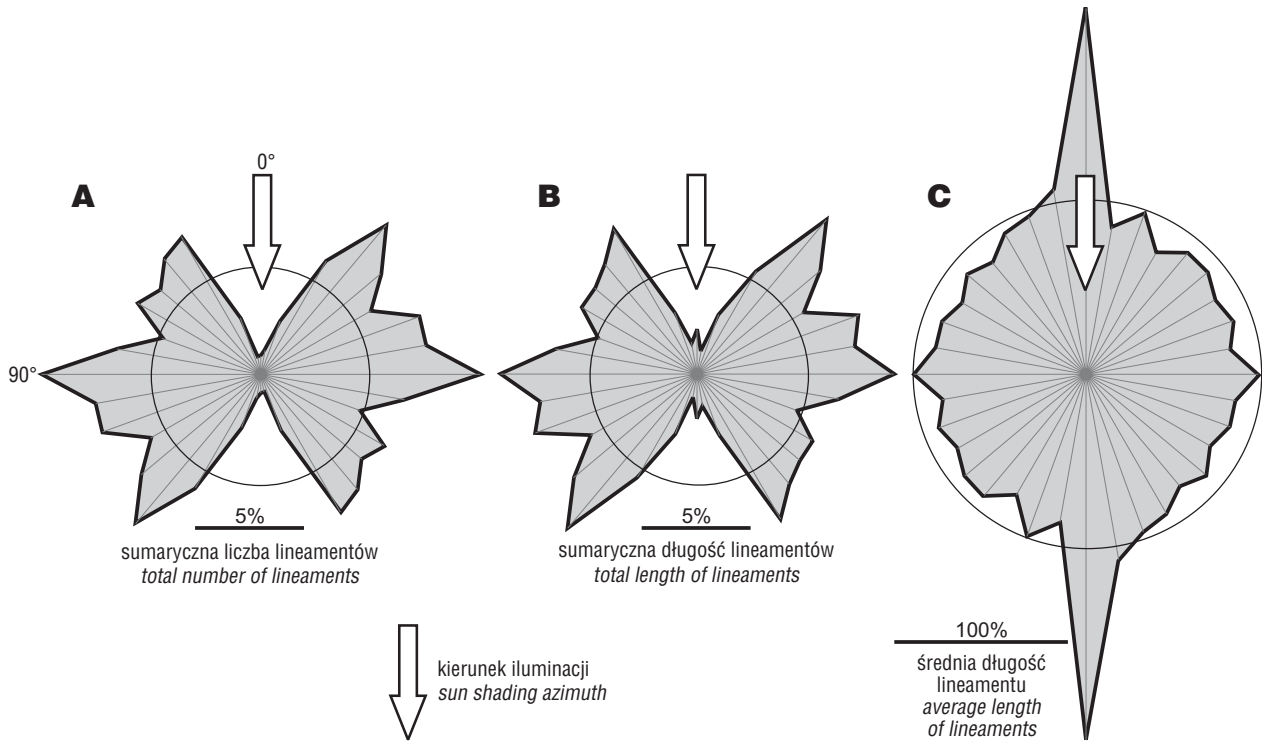
Zastanawiający jest wzrost średniej długości lineamentów równoległych do kierunku iluminacji, wyraźnie widoczny zwłaszcza przy iluminacji północnej (ryc. 4C). Wynosi on 34% dla iluminacji E i aż 136% dla iluminacji N. Być może są to po prostu najdłuższe i najwyraźniejsze

lineamenty, a więc jedyne, jakie jeszcze są czytelne w niekorzystnych warunkach równoległej iluminacji.

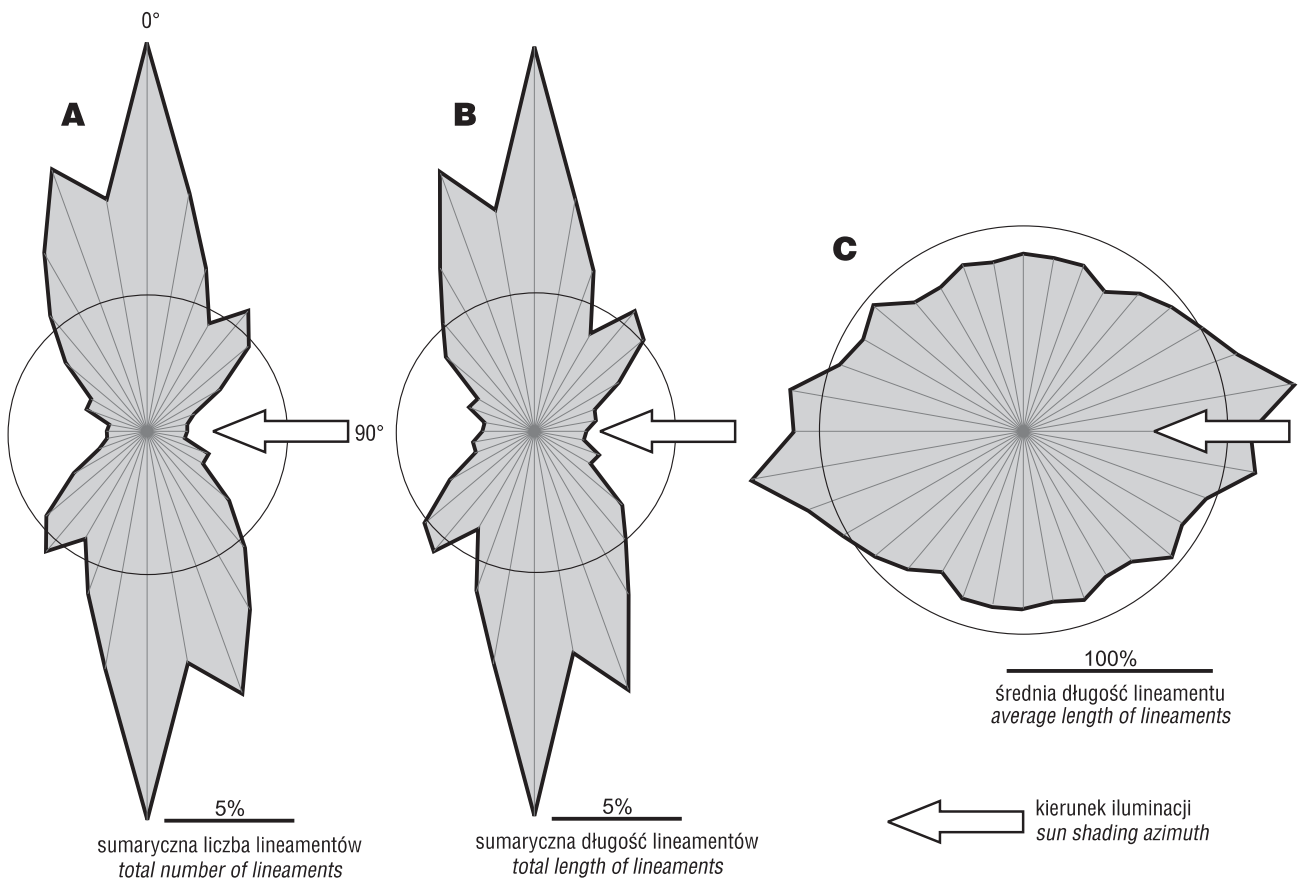
Zarówno wzrost czytelności lineamentów prostopadłych do kierunku iluminacji, jak i spadek czytelności równoległych do niej widoczny jest w przedziałach kątowych nie przekraczających  $\pm 20\text{--}25^\circ$  od kierunku iluminacji dla spadku, bądź kierunku prostopadłego do niego dla wzrostu. Za to w przedziale kątów około  $25\text{--}65^\circ$  od kierunku iluminacji lineamenty są odwzorowywane w sposób w zasadzie porównywalny ilościowo (ryc. 6).

### Wnioski

- ❑ Interpretacja DEM pozwala łatwo wyznaczyć liniowe elementy morfostrukturalne, lecz ich czytelność bardzo silnie zależy od przyjętego kierunku iluminacji.
- ❑ Lineamenty prostopadłe do kierunku iluminacji są 2–3 razy lepiej czytelne niż pozostałe.
- ❑ Lineamenty równoległe do kierunku iluminacji są kilkakrotnie (do niemal 7 razy) słabiej czytelne niż pozostałe.
- ❑ Czytelność lineamentów prostopadłych do kierunku iluminacji może więc być nawet ponad 10 razy większa niż równoległych do tego kierunku.
- ❑ Średnia długość lineamentu ulega znaczącemu zwiększeniu jeśli azymuty lineamentów są zbliżone do kierunku iluminacji.
- ❑ Zmiany, czyli zwiększenie lub zmniejszenie czytelności lineamentów, są widoczne do  $\pm 20\text{--}25^\circ$  od kie-



**Ryc. 4.** Diagramy rozetowe dla interpretacji wykonanych przy iluminacji północnej; **A** – sumaryczna liczba, **B** – sumaryczna długość, **C** – średnia długość lineamentu. Okrąg = średnie wartości dla całego zbioru  
**Fig. 4.** Rose diagrams for the North sun shading; **A** – total number of lineaments, **B** – total length of lineaments, **C** – average length of lineament. Circle = mean values



**Ryc. 5.** Diagramy rozetowe dla interpretacji wykonanych przy iluminacji wschodniej; **A** – sumaryczna liczba, **B** – sumaryczna długość, **C** – długość lineamentu. Okrąg = średnie wartości dla całego zbioru  
**Fig. 5.** Rose diagrams for the East sun shading; **A** – total number of lineaments, **B** – length of lineaments, **C** – average length of lineament. Circle = mean values

runku iluminacji dla zmniejszenia, lub prostopadłej do niego dla zwiększenia.

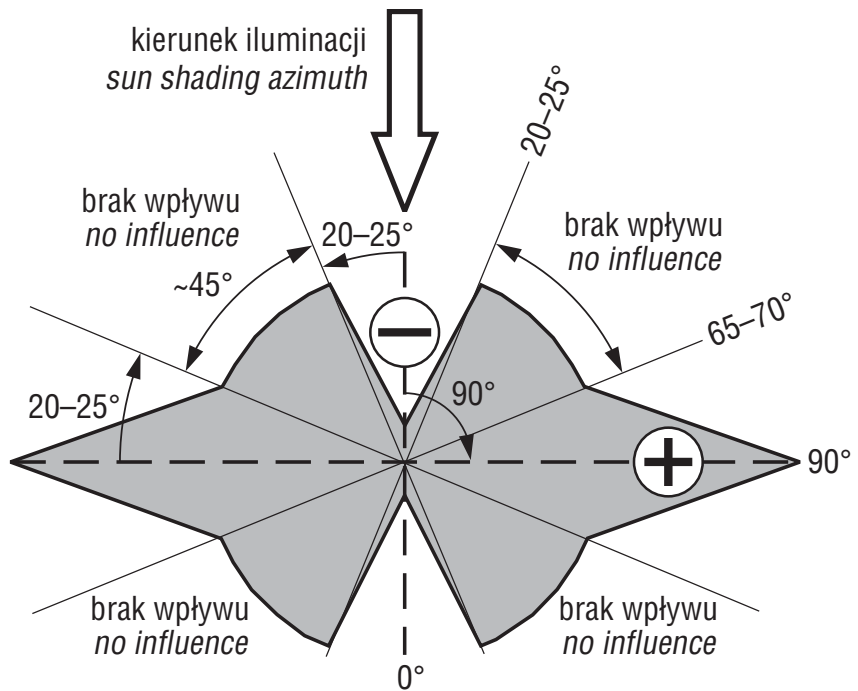
- Lineamenty o kierunkach odbiegających o ok. 25–65° od kierunku iluminacji można uznać za odwzorowywane w sposób porównywalny ilościowo.

#### Zalecenia metodyczne

Interpretacje DEM wykonywane przy jednym, stałym kierunku iluminacji, zniekształcają statystyczny obraz sieci lineamentów. Aby wykonać nawet proste badania statystyczne, np. zależności liczby i długości lineamentów od ich orientacji, powinno się dysponować interpretacją, na której lineamenty o różnych kierunkach są odwzorowane w sposób porównywalny ilościowo, czyli żaden ich kierunek nie jest uprzywilejowany lub dyskryminowany z powodu położenia względem kierunku iluminacji. Taką interpretację można uzyskać trzema metodami:

- nakładając na siebie dwie interpretacje wykonane przy wzajemnie prostopadłych kierunkach iluminacji, wtedy lineamenty o zwiększonej czytelności (prostopadłe do kierunku iluminacji) na pierwszej interpretacji pokryją się z najslabiej czytelnymi (równoległymi do kierunku iluminacji) na drugiej. Złożona z tych dwóch interpretacji interpretacja zbiorcza, powinna więc w znacznym stopniu eliminować wpływ kierunku iluminacji na statystyczne parametry lineamentów;
- można wykonać serię interpretacji przy różnych kierunkach iluminacji, uwzględniając na każdej z nich jedynie lineamenty zbliżone do prostopadłych do kierunku iluminacji ( $\pm 20\text{--}25^\circ$ ), a więc najlepiej czytelne; mogą to być np. interpretacje przy kierunkach iluminacji zmieniających się co  $30^\circ$  lub najwyżej co  $45^\circ$ ; z każdej z nich wykorzystać można tylko lineamenty w przedziałach odpowiednio  $\pm 15^\circ$  lub  $\pm 22,5^\circ$  od prostopadłej do kierunku iluminacji, które należy następnie połączyć w jedną interpretację zbiorczą;
- można także wykorzystać jedynie lineamenty z tych przedziałów kierunków, w których wpływ kierunku iluminacji jest pomijalny, czyli wykonać dwie interpretacje przy kierunkach iluminacji różniących się o  $45^\circ$ , eliminując z każdej z nich lineamenty zbliżone do prostopadłych i równoległych do kierunku iluminacji ( $\pm 22,5^\circ$ ), a następnie z pozostałych na obu interpretacjach lineamentów o azymutach w przedziale  $22,5\text{--}67,5^\circ$  od kierunku iluminacji utworzyć jedną interpretację zbiorczą.

W drugiej i trzeciej metodzie należy pamiętać, że przy interpretacji zbiorczej każdy lineament powinien być odwzorowany jedynie raz, tylko przy określonym kierunku



Ryc. 6. Schemat wpływu kierunku iluminacji na czytelność lineamentów  
Fig. 6. Influence of direction of sun shading at readability of lineaments (scheme)

iluminacji, czyli przedziały katowe wykorzystanych lineamentów nie mogą się zająć.

Tworzenie interpretacji zbiorczych wykorzystujących z różnych interpretacji jedynie lineamenty zawarte w określonych przedziałach kierunków może być w praktyce dość trudne. Łatwo jest zastosować obie metody w celach statystycznych, jeśli tylko dysponujemy najprostszą bazą danych, zawierającą informacje o azymutach i długościach poszczególnych lineamentów przy różnych kierunkach iluminacji.

#### Literatura

- BADURA J. & PRZYBYLSKI B. 2005 – Application of digital elevations models to geological and geomorphological studies – some examples. *Prz. Geol.*, 53,10/2: 977–983.
- CHODYŃ R. 2004 – Zastosowanie cyfrowego modelu terenu (DEM) w badaniach geologicznych na przykładzie obszaru między Dobczycami a Mszaną Dolną (polskie Karpaty zewnętrzne). *Prz. Geol.*, 52, 4: 315–320.
- COOPER G.R.J. 2003 – Feature detection using sun shading. *Computers & Geosciences*, 29: 941–948.
- GRANICZNY M., MIZERSKI M. & PIĄTKOWSKA A. 2005 – Lineaments interpreted at the radar images and the digital elevation model within the Palaeozoic rocks of the Holy Cross Mts. *Prz. Geol.*, 53, 10/2: 949–955.
- KARNKOWSKI P.H. & OZIMKOWSKI W. 2001 – Geologiczna analiza zdjęć satelitarnych metodą pokryć wielokrotnych – zarys problematyki z przykładami z Polski południowej. *Prz. Geol.*, 49, 11: 1067–1072.
- KONON A. & ŚMIGIELSKI M. 2006 – DEM-based structural mapping: examples from the Holy Cross Mountains and the Outer Carpathians, Poland. *Acta Geol. Polon.*, 56, 1: 1–16.
- O'LEARY D.W., FRIEDMAN J.D. & POHN H.A. 1976 – Lineament, linear, lineation: Some proposed new standards for old terms. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 87: 1463–1469.
- OSTAFICZUK S. 2003 – The importance of digital terrain elevation model in modern geological mapping. *Tech. Poszuk. Geol.*, 6: 53–58.
- OZIMKOWSKI W. & MARDAL T. 1994 – Powtarzalność wyników wizualnej interpretacji geologicznej zdjęcia satelitarnego. *Prz. Geol.*, 42, 4: 272–275.

Praca wpłynęła do redakcji 22.12.2009 r.  
Po recenzji akceptowano do druku 04.05.2010 r.