



inż. Konrad Jagodziński, DHV Polska  
dr inż. Tadeusz Zieliński, Politechnika Warszawska

# Przestrzenne analizy widoczności w *InRoads XM*



lit. Shutterstock

Rezultatem zastosowania programu *InRoads XM* [1] jest uzyskanie przestrzennego modelu projektowanej drogi, czyli jej numerycznego modelu terenu (NMT). Pozwala on na wykonanie szeregu dalszych działań, takich jak narysowanie serii przekrojów poprzecznych i policzenie na tej podstawie robót ziemnych, utworzenie animowanego filmu przedstawiającego widok z pojazdu poruszającego się po zaprojektowanej drodze bądź też przeprowadzenie przestrzennej analizy widoczności.

### Możliwości programu *InRoads XM*

*InRoads XM* umożliwia przestrzenną analizę widoczności odcinka drogi (bardzo istotną np. dla odcinka biegnącego w wykopie i leżącego na łuku wypukłym niwelety pokrywającym się z łukiem w planie) oraz sprawdzenie widoczności

Program *InRoads XM* umożliwia przestrzenne sprawdzenie widoczności drogi oraz skrzyżowania. Wykorzystuje się do tego polecenia z grupy aplikacji dodatkowych (Add-Ins). Istotne jest, aby przed przystąpieniem do analizy widoczności włączyć do numerycznego modelu terenu przeszkody, takie jak zabudowa bądź roślinność.

### Summary

The *InRoads XM* program lets us use and check the visibility of the road and crossing by using command to the group of additional applications (Add-Ins). It is essential that before proceeding to the analysis of visibility, incorporated into the numerical model of terrain obstacles such as buildings or vegetation.

w obrębie skrzyżowania. Przestrzenne sprawdzenie widoczności polega na poprowadzeniu serii prostych, obrazujących linie wzroku kierowcy, czyli (w przypadku analizy widoczności drogi) poprowadzonych między kolejnymi położeniami oczu kierowcy przesuwanego się wzdłuż zaprojektowanej osi a punktami, które musi widzieć zgodnie z wymogami technicznymi [2]. Program analizuje, czy linie te natrafiają na zapisane w NMT przeszkody, czy też nie, i wyświetla je różnymi kolorami (rys. 1).

W programie *InRoads* wykorzystuje się do tego funkcję **Sight Visibility**. Są to polecenia z grupy aplikacji dodatkowych (Add-Ins), które standardowo nie są dostępne. Aby stały się aktywne, trzeba je wywołać przez Tools > Application Add-Ins i wybrać właściwą funkcję z otwartej listy. Po wybraniu w ten sposób ▶

- Sight Visibilit polecenia te stają się dostępne w menu Evaluation oraz w palecie User Add-Ins (rys. 2).

## Przygotowanie NMT do analiz widoczności

Przed przystąpieniem do przestrzennych analiz widoczności należy odpowiednio przygotować NMT powierzchni ograniczającej widoczność. W tym celu trzeba:

- połączyć teren istniejący i projektowany (droga lub skrzyżowanie) w całość,
- przekształcić ten model w powierzchnię jego pokrycia, uwzględniając roślinność (pola, skupiska drzew) oraz zabudowę.

Połączenie terenu istniejącego i projektowanej drogi odbywa się za pomocą funkcji z palety Edit Surface > **Merge Surfaces** (rys. 3). Należy w niej uaktywnić opcję Add Design Surface Edge as Breakline (**włączenie do terenu docelowego granicy terenu projektowanego jako linii nieciągłości**).

Tak uzyskany NMT trzeba przekształcić w powierzchnię jego pokrycia. W *InRoads* można to zrobić dwoma sposobami:

- wstawiając dodatkowe obiekty NMT (np. powierzchnię wierzchołków kępy drzew) za pomocą polecenia Design Surface > **Place Feature** (rys. 4); trzeba w nim określić:

- Surface - nazwa NMT, do którego dodawany jest obiekt,
- Name - nazwa tworzonego obiektu (np. kępa drzew),
- Point Type - typ obiektu (punkty rozproszone lub linia nieciągłości),
- Dynamics Settings and Intervals - narzucenie quasi-siatki na ruch myszy i po kliknięciu na [Apply] w otwartym oknie Set Elevation:

- Specify Elevation - narzucić konkretną wysokość, lub

- Elevation from Surface - przejąć wysokości z terenu, dodając do jego rzędnych wartość podaną w polu Elevation Adjustment, a następnie wskazać kolejne punkty (wierzchołki wstawianego obiektu) myszą i zakończyć przez kliknięcie prawym przyciskiem myszy,

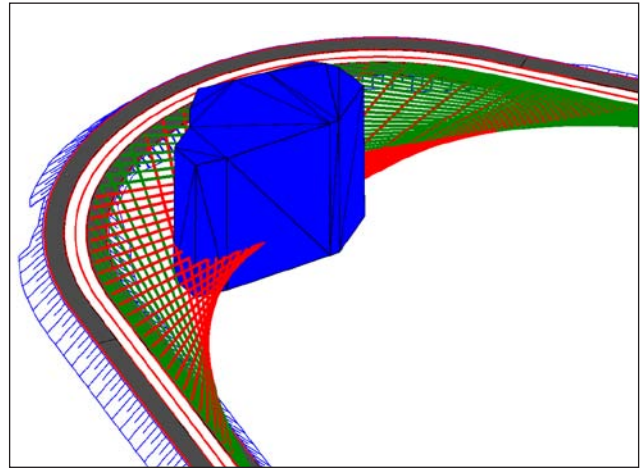
- dodając pewne powierzchnie (np. dach budynku), ustawić ogrodzenie wyznaczające definiowaną powierzchnię, a następnie zdefiniować ją przez Edit Surface > Transform Surface (rys. 3):

- Original Surface - istniejący NMT,
- Destination Surface - nowy (docelowy) NMT o granicach zdefiniowanych przez ogrodzenie (trzeba podać nową nazwę),
- Method - sposób definiowania nowego terenu; najczęściej będzie to różnica wysokości w stosunku do terenu (Relative Elevation) lub bezwzględna rzędna (Absolute Elevation),
- Fence Mode - tryb działania ogrodzenia (z reguły Inside),
- Elevation - różnica rzędnych lub rzędna (w zależności od wartości pola Method),

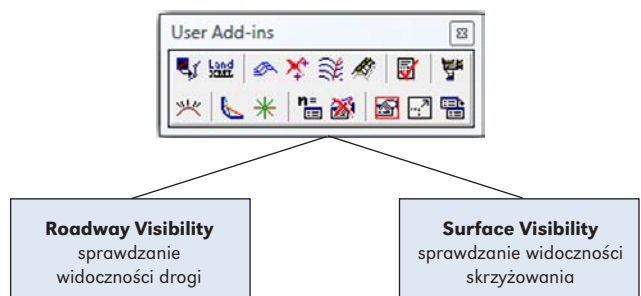
i dołączyć dodane powierzchnie do wcześniej zdefiniowanego NMT, wykorzystując opisaną wyżej funkcję **Merge Surfaces**. Jeśli jest tych powierzchni więcej, trzeba je dołączać pojedynczo w kolejnych krokach.

## Analiza widoczności drogi

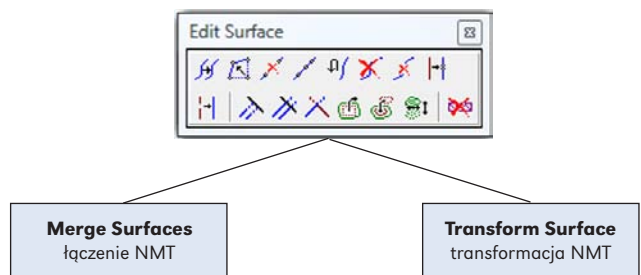
Aby sprawdzić widoczność na zaprojektowanej drodze, trzeba wybrać z menu polecenie Evaluation > Sight Visibility > **Roadway**



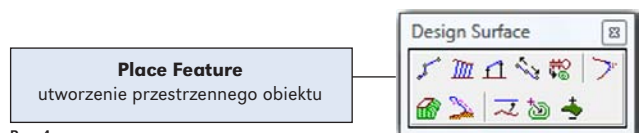
Rys. 1



Rys. 2



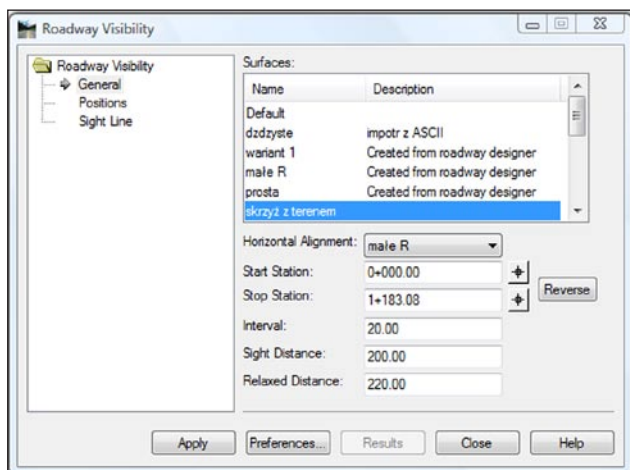
Rys. 3



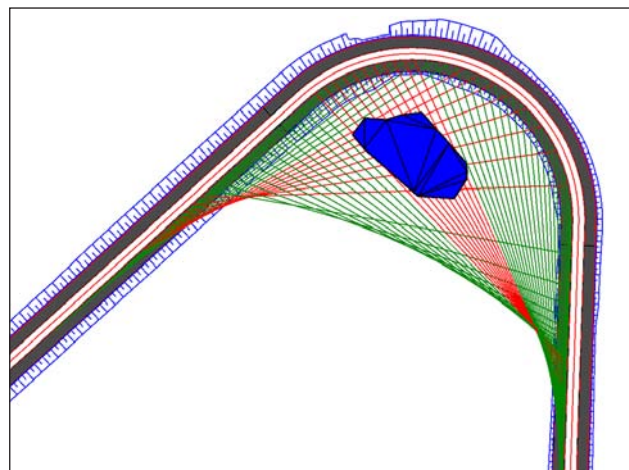
Rys. 4

**Visibility** (lub z palety User Add-Ins - rys. 2). W pojawiającym się oknie należy określić:

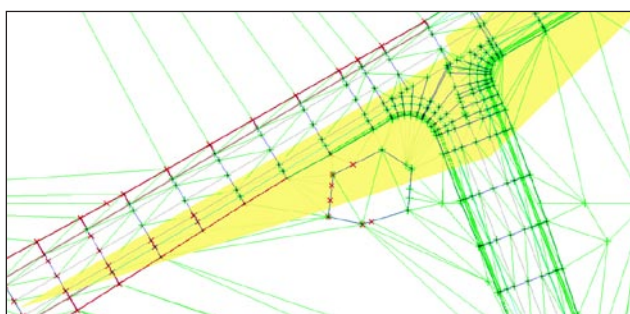
- General (rys. 5):
  - Surfaces - NMT uwzględniany przy sprawdzaniu widoczności; powinna to być powierzchnia powstała, tak jak to opisano wcześniej, z połączenia NMT projektowanej drogi oraz istniejącego terenu, ewentualnie uzupełnionego o przeszkody typu zabudowa, roślinność,
  - Horizontal Alignment - trasa, dla której wyznaczana jest widoczność,
  - Start Station - początek odcinka, dla którego jest wyznaczana widoczność,
  - Stop Station - koniec tego odcinka,
- [Reverse] - kierunek analizy:



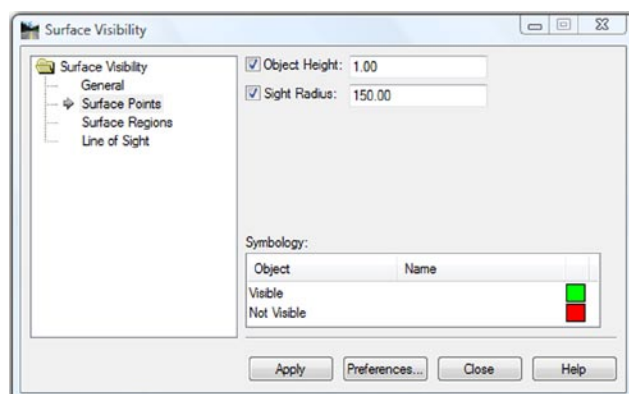
Rys. 5



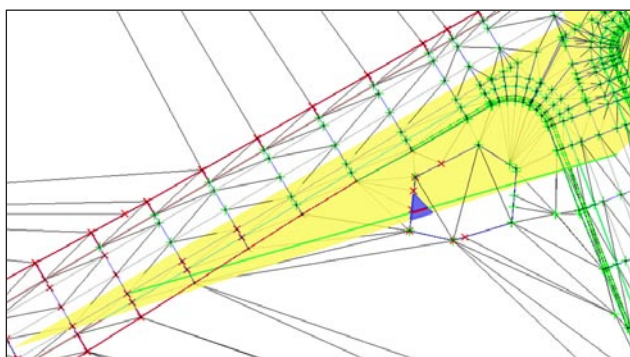
Rys. 6



Rys. 7



Rys. 8



Rys. 9

- Rys. 1. Zasada przestrzennego sprawdzania widoczności:  
linie zielone – nienatrafiające na przeszkody (zapewniona widoczność)  
linie czerwone – natrafiające na przeszkody (nie ma wymaganej widoczności)
- Rys. 2. Paleta User Add-Ins – dodatkowe aplikacje *InRoads*
- Rys. 3. Paleta Edit Surface – edycja NMT
- Rys. 4. Paleta Design Surface – projektowanie NMT
- Rys. 5. Okno Roadway Visibility – sprawdzanie widoczności na drodze
- Rys. 6. Analiza widoczności drogi:  
kolor zielony – spełnienie warunku widoczności (Desired);  
kolor czerwony – brak wymaganej widoczności (Unacceptable)
- Rys. 7. Analiza widoczności na skrzyżowaniu:  
+ – punkt widoczny (Visible);  
x – punkt niewidoczny (Not Visible)
- Rys. 8. Okno Surface Visibility – sprawdzanie widoczności na skrzyżowaniu
- Rys. 9. Wyznaczenie powierzchni do splantowania w celu zapewnienia widoczności na skrzyżowaniu:  
linia zielona – linia wzroku kierowcy przechodząca nad NMT  
linia czerwona – linia wzroku kierowcy przechodząca pod NMT  
kolor niebieski – powierzchnia do splantowania

- jeśli wyłączone – sprawdzenie widoczności w kierunku rosnącego pikietażu,
- jeśli włączone – sprawdzenie widoczności w kierunku przeciwnym,
- Interval – odległość między kolejnymi przekrojami, dla których sprawdza się widoczność,
- Sight Distance – wymagana odległość widoczności; zależy od rodzaju liczonej widoczności: na zatrzymanie (należy podać wg (2) §168; w zależności od prędkości – 20–390 m) lub wyprzedzanie (wg (2) §169 – 400–700 m),
- Relaxed Distance – zalecana odległość widoczności (nie mniejsza niż wymagana – parametr nieużywany w Polsce),
- Positions:
  - Eye Position – położenie punktu obserwacji (oczu kierowcy):

- ♦ From – określenie układu odniesienia, względem którego będzie podawane położenie oczu (z reguły Active Alignment – oś trasy; może być Feature – obiekt wskazanego NMT),
- ♦ Offset – odsunięcie w poziomie od osi,
- ♦ Eye Height – wzniesienie oczu kierowcy nad poziomem jezdni (1,00 m wg (2) §168),
- Object Position – usytuowanie celu obserwacji:
  - ♦ From – jw.,
  - ♦ Offset – jw.; dla widoczności na zatrzymanie – dodatnia, dla widoczności na wyprzedzanie – ujemna (na lewo od osi),
  - ♦ Object Height – wysokość przeszkody; zależy od rodzaju liczonej widoczności: na zatrzymanie (należy podać wg (2) §168; w zależności od prędkości – 0,0 – 0,45 m) lub wyprzedzanie (wg [2] §169 – 1,00 m),

### ► - Sight Line:

- Symbology – wskazanie wyświetlanych elementów (pierwsza kolumna) i ew. – zdefiniowanie ich symbolik (podwójne kliknięcie na wierszu); dostępne są następujące elementy wyświetlane ze wskazanych przekrojów:
  - ♦ Desired – linia widoczności nienatrafiająca na przeszkody (warto przypisać kolor zielony),
  - ♦ Relaxed – zalecana długość linii widoczności (wyłączyć wyświetlanie),
  - ♦ Unacceptable – linia widoczności natrafiająca na przeszkodę (warto przypisać kolor czerwony),
- Sight Line Length – określenie rodzaju sprawdzanej widoczności:
  - ♦ Sight Distance – wymagana (włączyć),
  - ♦ Actual Distance – rzeczywista (niestety, nie sporządza wykresu).

Przy stosowaniu tego narzędzia należy pamiętać, że:

- program uwzględni tylko przeszkody zapisane we wskazanym NMT,
- nie jest analizowana ciągłość widoczności odcinka (z danego punktu nie są sprawdzane wszystkie możliwe linie wzroku kierowcy z przedziału od zera do wymaganej odległości, co przy krótkich przeszkodach (rys. 6) może prowadzić do fałszywych wniosków – zielone linie na początku odcinka omijające przeszkodę z zewnątrz nie wyznaczają jednak fragmentu z zapewnioną widocznością, bo na krótszych odcinkach widoczność nie jest zapewniona).

## Analiza widoczności skrzyżowania

Sprawdzenie widoczności na skrzyżowaniu przeprowadza się odrębnie dla każdego wlotu. W tym celu trzeba, zgodnie z obowiązującymi przepisami, narysować obszary wymaganych trójkątów widoczności (wg [2] zał. nr 2) – rys. 7 – żółte trójkąty, wyznaczyć rzeczywistą widoczność korzystając z funkcji Evaluation > Sight Visibility > **Surface Visibility**. Trzeba tam zdefiniować następujące parametry:

- General:

- Surface – nazwa analizowanego NMT (powinna to być powierzchnia powstała, tak jak to opisano wyżej, z połączenia NMT krzyżujących się dróg oraz istniejącego terenu, ewentualnie uzupełniona o przeszkody typu zabudowa, roślinność),
- Mode – sposób sprawdzania widoczności:
  - ♦ Surface Points – sprawdzanie widoczności punktów usytuowanych nad wierzchołkami NMT (metoda stosowana do analizy widoczności skrzyżowania); szczegółowe parametry ustala się w Surface Points (patrz niżej),
  - ♦ Surface Regions – sprawdzanie widoczności punktów na okręgu; są wyświetlane linie wzroku kierowcy – ich kolor wskazuje, czy biegną nad, czy pod powierzchnią; szczegółowe parametry ustala się w Surface Regions,
  - ♦ Line of Sight – sprawdzanie widoczności konkretnego punktu, którego położenie jest wskazane w Line of Sight – kolor linii wskazuje przebieg linii nad (pod) powierzchnią, co pozwala określić obszary do splantowania,
  - ♦ Eye Position – usytuowanie oczu kierowcy; współrzędne x, y najwygodniej wskazać myszą, rzędną – wybierając Drape

Surface i podając w polu Eye Height wzniesienie oczu kierowcy ponad poziomem jezdni (zgodnie z [2] zał. nr 2 – 1 m),

- ♦ Surface Points (rys. 8):
- ♦ Object Height – wysokość szukanego obiektu (wg [2] zał. nr 2 – 1 m),
- ♦ Sight Radius – zasięg analizy widoczności określony przez wartość promienia okręgu rysowanego z punktu obserwatora,
- ♦ Symbology – atrybuty graficzne przypisane do punktów widocznych i niewidocznych,
- ♦ sprawdzić, czy trójkąty widoczności mieszczą się w obszarze widocznym z punktu obserwacji kierowcy.

Jak widać na rys. 7, warunek widoczności nie jest spełniony, ponieważ w wymaganym obszarze (trójkąty zaznaczone na żółto) występują na jezdni punkty niewidoczne (czerwone).

Aby zapewnić na skrzyżowaniu wymaganą widoczność, należy usunąć odpowiedni fragment przeszkody. Zakres powierzchni wymagającej splantowania można wyznaczyć stosując opisaną wyżej funkcję Surface Visibility, ale w tym przypadku z opcją Line of Sight. Wskazuje się kolejno jako cel niewidoczne (czerwone) punkty jezdni w obrębie trójkąta widoczności, a program wyświetla na zielono linię wzroku kierowcy biegnącą ponad powierzchnią NMT, a na czerwono – poniżej (rys. 9). Obwiednia krańców czerwonych linii wyznaczy obszar do splantowania (niebieski wielobok – rys. 9). Niestety, nie można tego zrobić dla całej grupy punktów, a tylko oddzielnie dla każdego z nich.

## Podsumowanie

Dostępne w *InRoads* funkcje pozwalają przestrzennie sprawdzić zachowanie wymaganej widoczności zarówno dla odcinków drogi, jak i dla skrzyżowań. Warto jednak dokonać następujących zmian ułatwiających pracę projektanta przy sprawdzaniu widoczności drogi:

- wprowadzić warunek, że linia zapewniająca widoczność jest rysowana tylko wtedy, gdy wszystkie linie wykreślone między punktem obserwacji a punktem celu (czyli krótsze od sprawdzanego zasięgu widoczności) nie natrafiają na przeszkodę,
  - wprowadzić funkcję automatycznie tworzącą wykres zmienności rzeczywistej odległości widoczności wzdłuż drogi (jest to istotny element oceny warunków bezpieczeństwa).
- Przy sprawdzaniu widoczności skrzyżowania zaś:
- umożliwić sprawdzanie widoczności we wskazanym obszarze o dowolnym kształcie (np. trójkąta), a nie tylko dla okręgu zakreślonego z punktu obserwatora,
  - pozwolić na sprawdzanie przebiegu linii wzroku dla wielu punktów równocześnie – przyspieszyłoby to wyznaczanie obszaru do splantowania. □

## Piśmiennictwo

1. Opis zawarty w programie *Bentley InRoads XM Edition V8.9* (Help > Contents > ...).
2. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie.
3. Zieliński T., Jagodziński K.: *InRoads XM Edition wersja 8.9. Program do komputerowego wspomaganie projektowania dróg*. Warszawa 2009.