



***CENTRUM BADAŃ KOSMICZNYCH  
Polskiej Akademii Nauk***

***Integracja GIS i teledetekcji w projekcie LIMES***

***Klaudia Bielińska***

***Radosław Malinowski***



***V Konferencja Naukowo – Techniczna  
„Zastosowania technik obserwacji Ziemi”***

# Integracja GIS i teledetekcji w projekcie LIMES

- ***Co to jest GMES?***
- ***Projekt LIMES***
- ***Serwisy i produkty projektu LIMES*** —  
***integracja GIS i teledetekcji***



# Co to jest **GMES**?

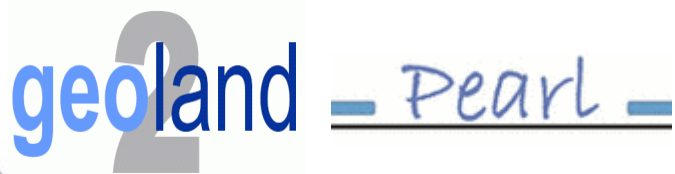
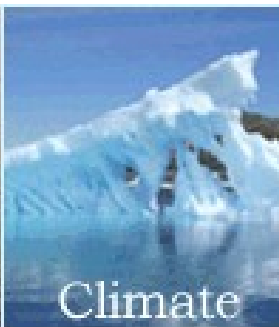
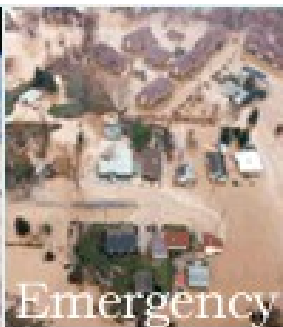
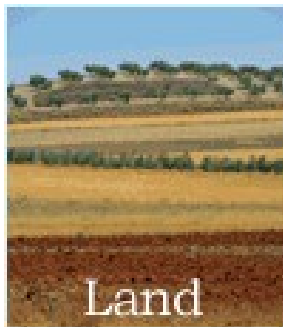
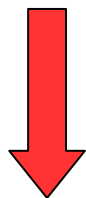
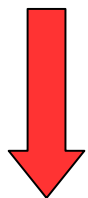
## **GMES – Global Monitoring for Environment and Security** **Globalny Monitoring dla Potrzeb Środowiska i Bezpieczeństwa**

- **Program UE mający na celu usprawnienie działania na rzecz środowiska i bezpieczeństwa w Europie i na świecie przy użyciu technologii satelitarnych (nawigacja, teledetekcja)**
- **Wspólna inicjatywa Komisji Europejskiej i Europejskiej Agencji Kosmicznej**
- **Europejski wkład w ogólnoświatowy system monitoringu Ziemi – GEOSS (Global Earth Observation System of Systems)**
- **Obserwacje dotyczące wielu dziedzin (lądy, morza, atmosfera) mające usprawnić działania na rzecz: zmian klimatu, zarządzania kryzysowego, katastrof naturalnych, planowania przestrzennego**





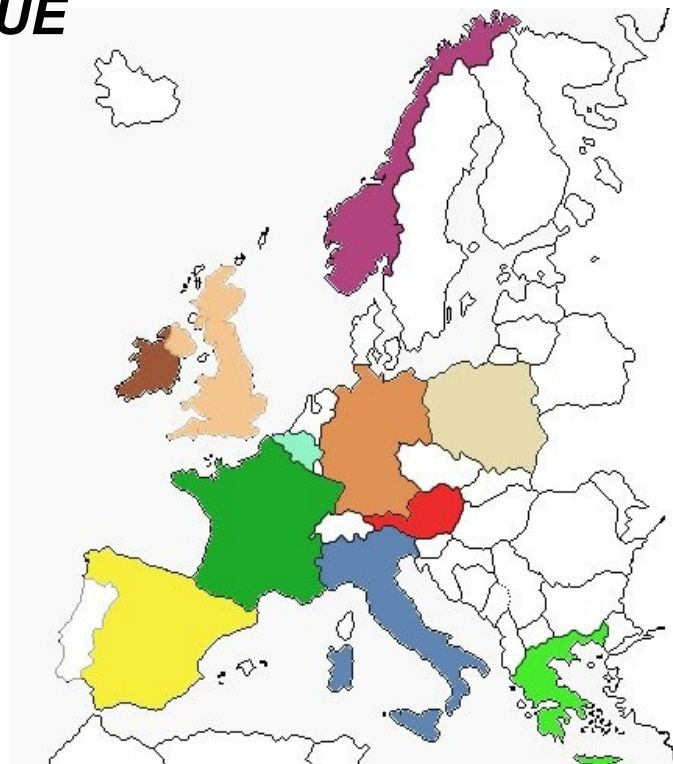
# Co to jest **GMES**?



# Projekt **LIMES**

***LIMES - Land and Sea Intergrated Monitoring for European Security  
Zintegrowany Monitoring Lądów i Mórz na rzecz Bezpieczeństwa w  
Europie***

- ***Czas trwania projektu: 12.2007 – 05.2010***
- ***Uczestnicy: 50 instytucji z 11 krajów UE***
- ***Koordynator: E - GEOS (Włochy)***
- ***Budżet projektu: 20 mln €***
- ***CBK PAN – jedyny partner z Europy Środkowo - Wschodniej***



# LIMES

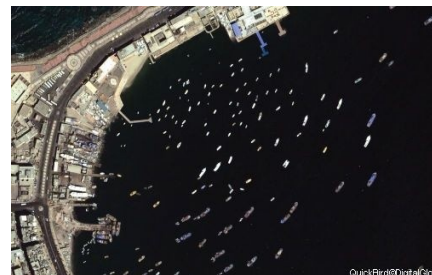
## **Cel projektu:**

- **Wykorzystanie technologii satelitarnej dla rozwoju serwisów / narzędzi w dziedzinie bezpieczeństwa**

**Projekt podzielony jest na trzy główne obszary zainteresowań:**

- **nadzór morski:**

- nadzór nad wodami otwartymi
- transport towarów niebezpiecznych
- nadzór wybrzeży i portów



- **nadzór infrastruktury lądowej:**

- nadzór infrastruktury krytycznej
- **nadzór granic lądowych**
- organizacja imprez masowych
- nadzór na rzecz przestrzegania traktatów



- **nadzór pomocy humanitarnej:**

- monitoring ludności i zasobów
- zarządzanie kryzysowe
- odbudowa zniszczeń





# LIMES

## ***Rola CBK w projekcie:***

- ***koordynowanie zadań Monitoringu granic lądowych (Land Border Monitoring)***
- ***współpraca z: THALES Communications SA – Francja i WALLPHOT – Belgia***

### Do zadań LBM należało:

- określenie zapotrzebowania europejskich narodowych Straży Granicznych oraz Agencji FRONTEX na informacje, dane i narzędzia dostarczane przez technologie satelitarne
- skonfrontowanie tego zapotrzebowania z technicznymi możliwościami oferowanymi przez istniejące i planowane w perspektywie kilku najbliższych lat systemy satelitarne
- opracowanie nowych metod przetwarzania i interpretacji zdjęć satelitarnych (optyczne/radarowe)
- przekazanie władzom państwowym i instytucjom unijnym rekomendacji w zakresie nowych rozwiązań, zwłaszcza w kontekście kształtującej się wspólnej, unijnej polityki ochrony granic (m.in. Inicjatywa Komisji Europejskiej Eurosur)



# ***LIMES – serwisy i produkty***

***W ramach projektu prototypy serwisów opracowane zostały dla testowego obszaru granicy polsko – ukraińskiej:***

***Długość granicy 535 km***

***Powierzchnia opracowania około 13 500 km<sup>2</sup>***

***Od 01.2009 do 07.2009 na granicy zatrzymano 443 nielegalnych imigrantów***



## ***Serwis 1: Cross- border geospatial information assessment***

***PRODUKT 1: Regional Land Cover Map***

***PRODUCT 2: Detailed Land Cover/Land Use Map***

***PRODUCT 3: Detection of Land Cover Changes***

## ***Service 2: Border accessibility and permeability assessment***

***PRODUCT 1: Border Permeability Index Map***

***PRODUCT 2: Accessibility Map***

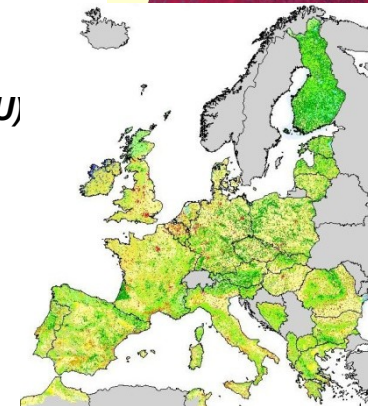
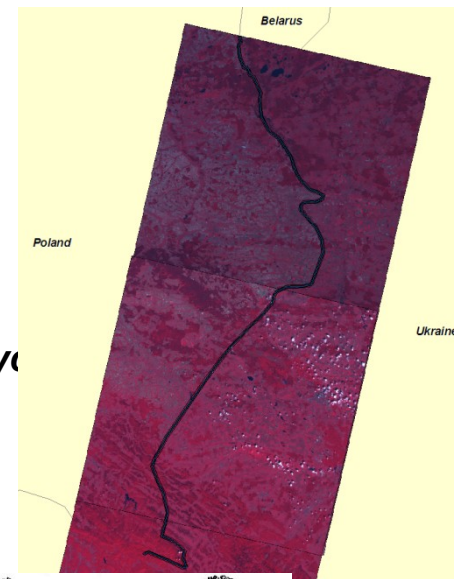


# Serwis 1. Product 1: Regional Land Cover Map

- **Mapa pokrycia / użytkowania terenu w skali 1:100 000 przeznaczona dla użytkowników na szczeblu krajowym / regionalnym**
- **Obszar: 20 km po obu stronach granicy**
- **Spójna informacja kartograficzna na obszarze przygranicznym - ujednolicona skala i odwzorowanie dla całego obszaru**

## Dane wejściowe:

- **IMAGE 2006**
  - **Zestaw zdjęć satelitarnych z 2005/06 dla Europy pochodzący z satelity SPOT 5 i IRS P6**
  - **Dla Europy Wschodniej: IRS P6,**
    - **Rozdzielczość przestrzenna 23 m,**
    - **Kanały spektralne: Green, Red, NIR, SWIR**
- **Corine Land Cover 2006 (CLC2006)**
  - **Baza danych o pokryciu i użytkowaniu terenów w Europie (LC/LU)**
  - **Skala: 1:100 000**
  - **Minimalna jednostka pow. 25 ha**
  - **Podział na 44 klasy**
  - **Brak danych dla obszaru Ukrainy**
  - **Dokładność  $\geq 85\%$**

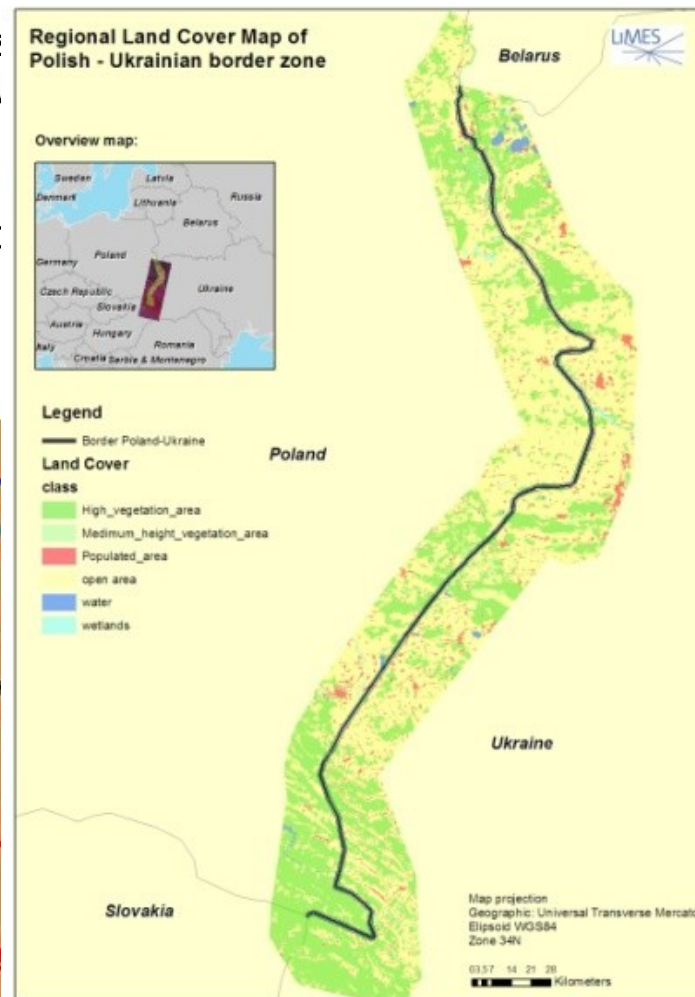


# Serwis 1. Product 1: Regional Land Cover Map

- Użycie danych Corine LC dla polskiej części obszaru prz
- Klasyfikacja obrazów satelitarnych IRS P6 na obszarze l
- Dokładność i skala klasyfikacji zgodnie z Corine LC
- Integracja danych Corine LC i wyników klasyfikacji
- Ujednolicenie klasyfikacji do 6 klas istotnych dla produkc

## Legend

- Border Poland-Ukraine
- Land Cover class**
- High\_vegetation\_area
- Medium\_height\_vegetation\_area
- Populated\_area
- open area
- water
- wetlands



## ***Serwis 1. Product 2: Detailed LU/LC map***

- Szczegółowa mapa pokrycia / użytkowania terenu w skali 1:10 000 przeznaczona dla użytkowników na szczeblu operacyjnym
- Obszar: około 100 km<sup>2</sup> na obszarze granicznym dla obszaru 'szczególnego nadzoru'
- Spójna informacja kartograficzna na obszarze przygranicznym - ujednoczona skala i odwzorowanie dla całego obszaru
- Źródło informacji dla aktualizacji map topograficznych

### Dane wejściowe:

- IKONOS image:
  - Data akwizycji: 09.2004
  - Rozdzielczość przestrzenna: 1 m
  - Obszar: 10 km X 10 km
  - Kanały spektralne: Blue, Green, Red, NIR
- Zestaw danych wektorowych – Vmap Level 2
  - Infrastruktura (drogi, kolej)
  - Cieki i zbiorniki wodne
  - Użytkowanie powierzchni





# Serwis 1. Product 2: Detailed LU/LC map

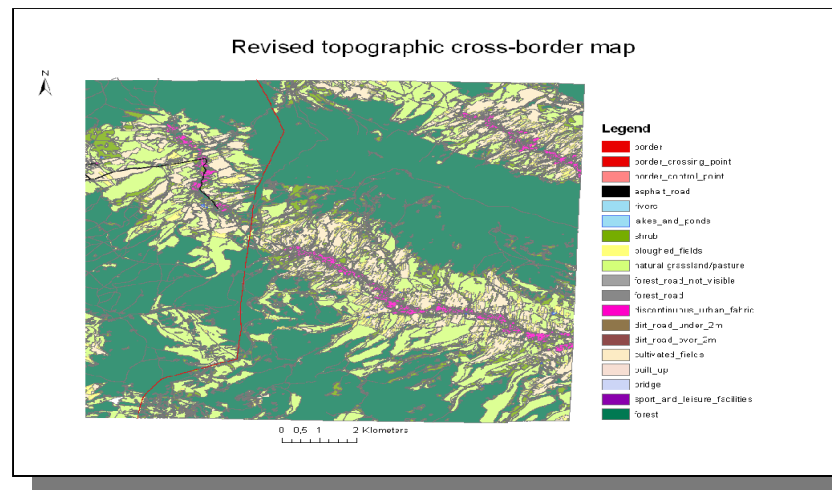
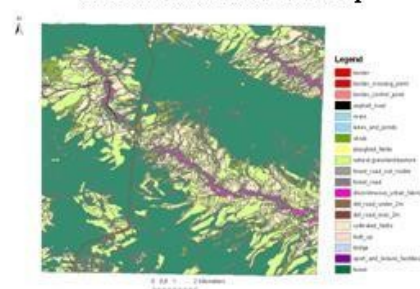
- **Główne procesy produkcji:**
  - **Ortorektyfikacja**
  - **Segmentacja**
  - **klasyfikacja**
- **Klasyfikacja według 19 klas**
- **Dokładność klasyfikacji  $\geq 85\%$**

## Aktualizacja map topograficznych:

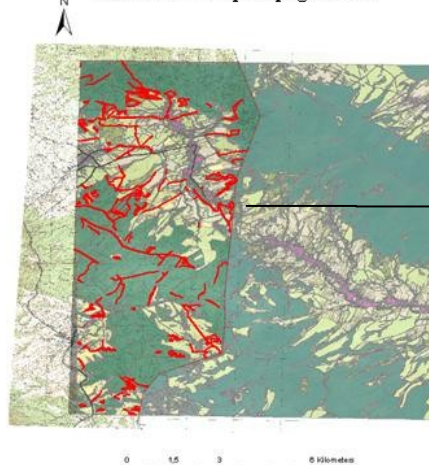
Mapa topograficzna



Detailed cross-border LU/LC map



Uaktualniona mapa topograficzna

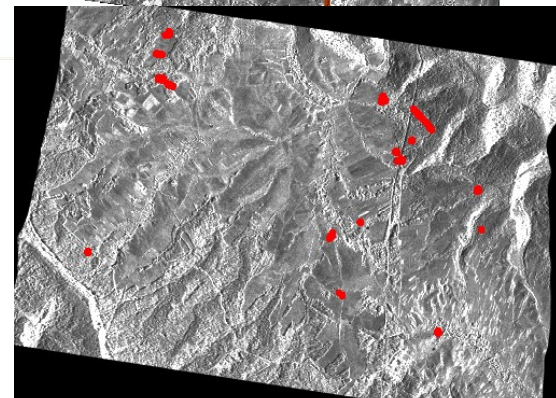
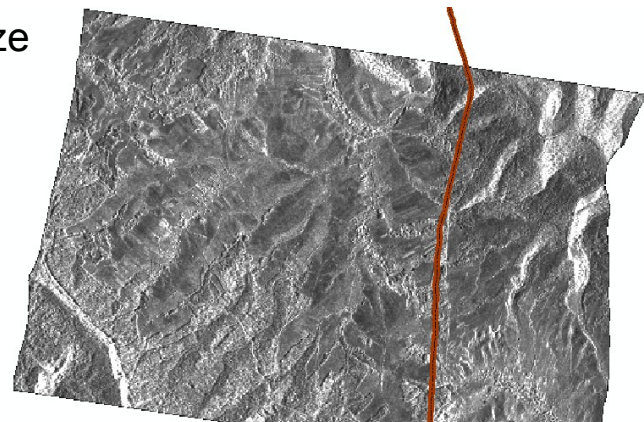


# Serwis 1. Product 3: Detection of Land cover changes

- Narzędzie do wykrywania zmian w pokryciu terenu dla obszarów 'szczególnego nadzoru'
- Obszar: około 100 km<sup>2</sup> na obszarze granicznym
- Informacja wektorowa o zarejestrowanych zmianach pomiędzy sekwencją zdjęć radarowych wraz z informacją o rodzaju zaistniałej zmiany, rozmiarze
- Źródło informacji dla aktualizacji map topograficznych

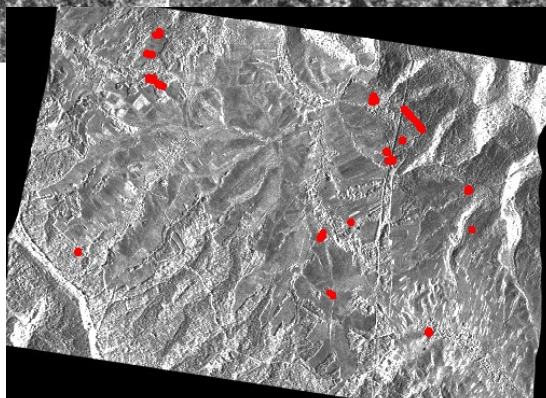
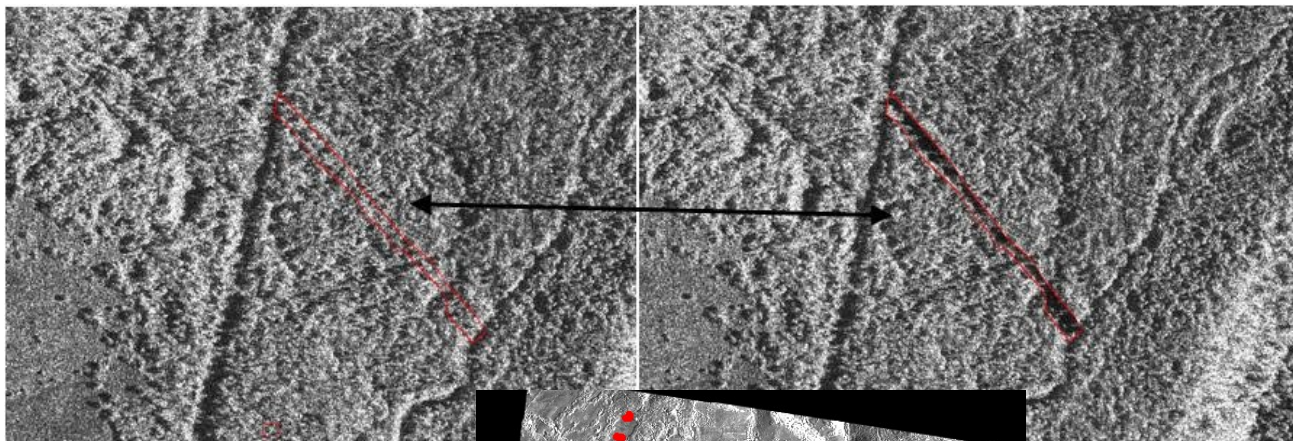
## Dane wejściowe:

- **TerraSar- X – obrazy radarowe**
  - **Zobrazowanie Spotlight**
  - **Dwie akwizycje: 20.06.2008 i 12.07.2008**
  - **Rozdzielczość przestrzenna: 0,7m**



# Serwis 1. Product 3: Detection of Land cover changes

- Narzędzie do monitoringu stałych i czasowych zmian w obszarze przygranicznym
- Możliwość obserwacji pojawienia się lub usunięcia dużych budynków i budowli, grupy drzew, czasowych osiedli (imigrantów), elementów infrastruktury (dróg, mostów)
- Minimalny obszar możliwy do wykrycia – 100 m<sup>2</sup>



Attributes of result_change detection					
FID	Shape	Area	ID	Change	
6	Polygon	52	15	removed trees	
15	Polygon	52	11	new road	
26	Polygon	80	2	removed tree	
7	Polygon	160	15	removed trees	
13	Polygon	252	11	new road	
27	Polygon	268	2	removed tree	
14	Polygon	304	11	new road	
16	Polygon	316	11	new road	
23	Polygon	372	6	removed tree	
2	Polygon	380	13	removed trees	
8	Polygon	396	15	removed trees	
10	Polygon	412	0	removed trees	
22	Polygon	528	7	new house	
11	Polygon	608	0	removed trees	
3	Polygon	748	15	removed trees	
18	Polygon	816	8	removed trees	
25	Polygon	1016	14	removed trees	
5	Polygon	1180	15	removed trees	
19	Polygon	1276	1	removed trees	
28	Polygon	1380	3	new tree	
4	Polygon	1552	15	removed trees	
9	Polygon	1560	0	removed trees	
21	Polygon	1708	10	new trees	
17	Polygon	1776	11	new road	

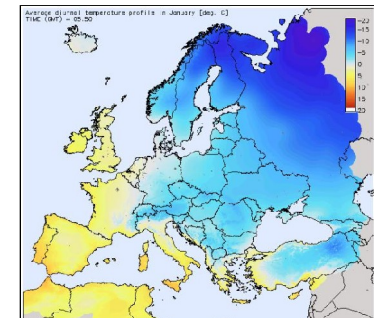
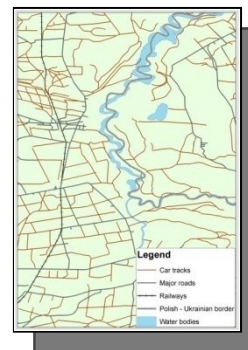
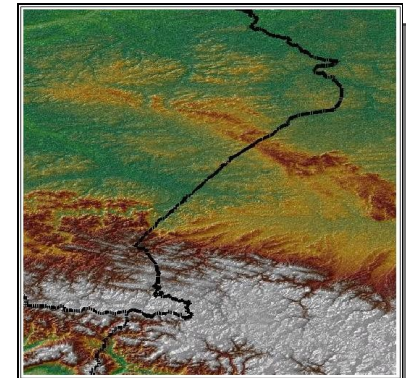


## Serwis 2. Product 1: Border permeability index map

- Indeks przepuszczalności granic analizuje łatwość przekraczania przez pieszego (nielegalny imigrant) obszaru przygranicznego biorąc pod uwagę czynniki geograficzne
- Mapa obrazuje klasyfikacje terenu i dostarcza informacji o obszarach szczególnie łatwych do przekraczania dla nielegalnych imigrantów – określenie miejsc szczególnej kontroli lub lokalizacji dodatkowych jednostek Straży Granicznej
- Wynikiem jest informacja kartograficzna przeznaczona dla jednostek decyzyjnych na poziomie regionalnym / krajowym

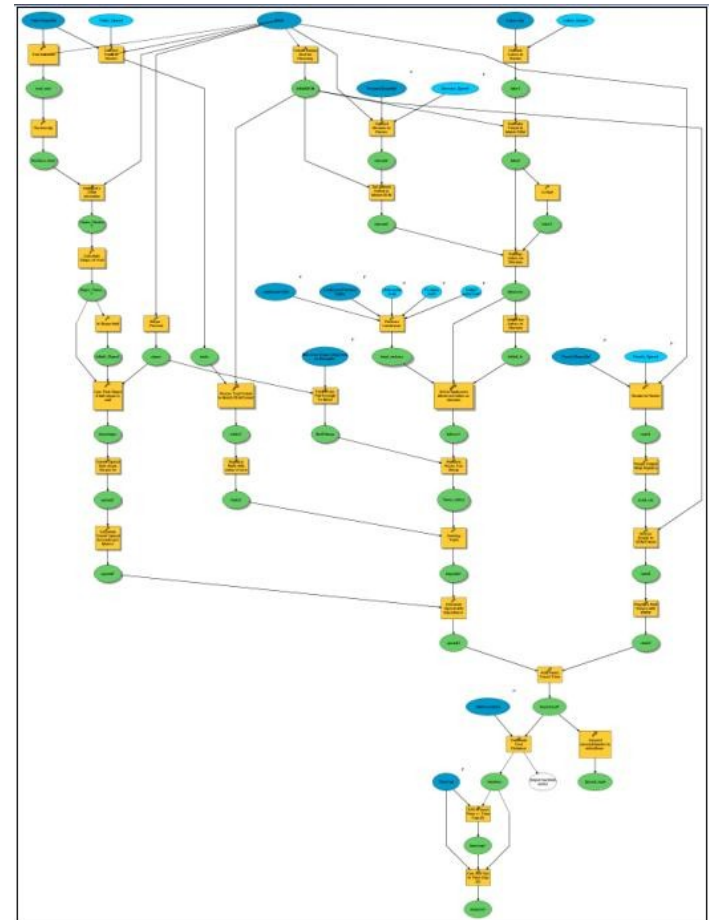
### Dane wejściowe:

- Regional Land Cover Map
- NMT: ASTER GDEM
  - NMT o pokryciu globalnym (NASA i METI)
  - Rozdzielczość przestrzenna: 30 m
  - Dokładność:
    - pionowa: 20m
    - pozioma: 30m
- Informacje o infrastrukturze
  - Vmap Level 2
    - Skala 1:50000
    - Format wektorowy
    - Drogi asfaltowe, polne, leśne
  - ESRI Data & Maps 2008
    - Skala 1:50000
    - Linie kolejowe
- Informacja pogodowa
  - Średnie miesięczne temperatury w Europie
  - Porównanie stycznia i lipca



## Analiza przepuszczalności granic w narzędziu Model Builder

- Pół – automatyczne narzędzie – Model Builder ESRI ArcGIS Desktop
- Wynik w postaci mapy w układzie współrzędnych WGS84 UTM Zone 34N
- Łatwość zmiany danych wejściowych i parametrów
- Reklasyfikacja wszystkich danych do wspólnej skali obrazującej łatwość poruszania się w terenie:
  - 1 – Bardzo łatwo
  - 2 – Łatwo
  - 3 – Średnio
  - 4 – Trudno
  - 5 – Bardzo trudno
- Wynik zapisany w postaci wektorowej lub rastrowej
- Możliwość wielokrotnego powtarzania analizy



# Serwis 2. Product 1: Border permeability index map

**Kryterium łatwości przejścia terenu – klasyfikacja terenu ze względu na łatwość poruszania się dla osoby pieszej – wpływ czynników geograficznych na szybkość łatwości poruszania się po określonym rodzaju pokrycia terenu**

**Parametry – czynniki wpływające na łatwość poruszania się:**

**Rodzaj pokrycia terenu:**

Obszar zalesiony	3
Krzewy	3
Obszar otwarty	2
Obszar zamieszkały	1
Zbiorniki wodne	5
Obszary podmokłe	4

**ASTER Global DEM:**

**Wysokość terenu n.p.m:**

0 – 1000	1
1000 – 1400	2
1400 – 1700	3
1700 – 1900	4
>1900	5

**Spadki terenu (%)**

0 – 20	1
20 – 28	2
28 – 35	3
35 – 40	4
> 40	5

**Infrastruktura:**

**Vmap:**

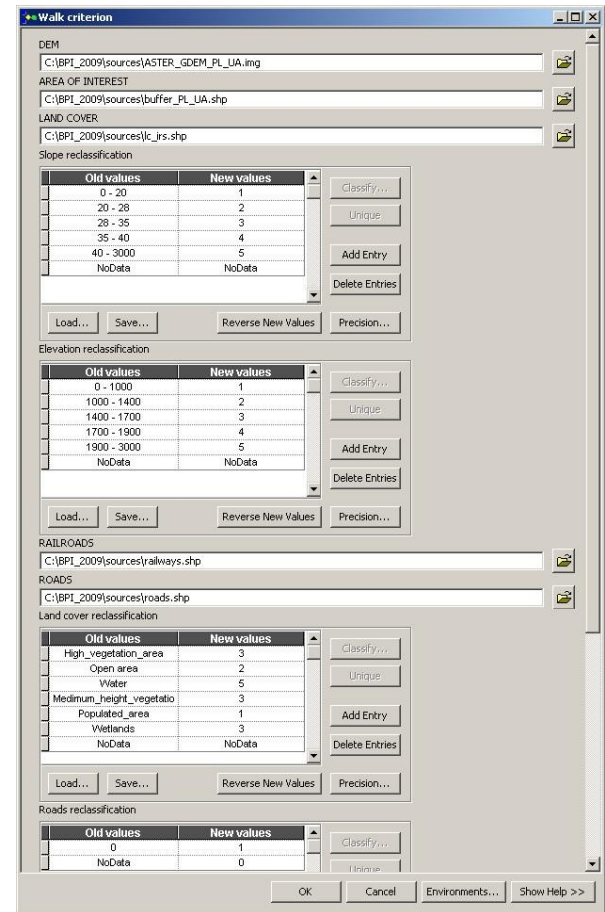
**Drogi 1**

**Esri Data:**

**Koleje 1**

**Skala:**

- 1 – Bardzo łatwo
- 2 – Łatwo
- 3 – Średnio
- 4 – Trudno
- 5 – Bardzo trudno

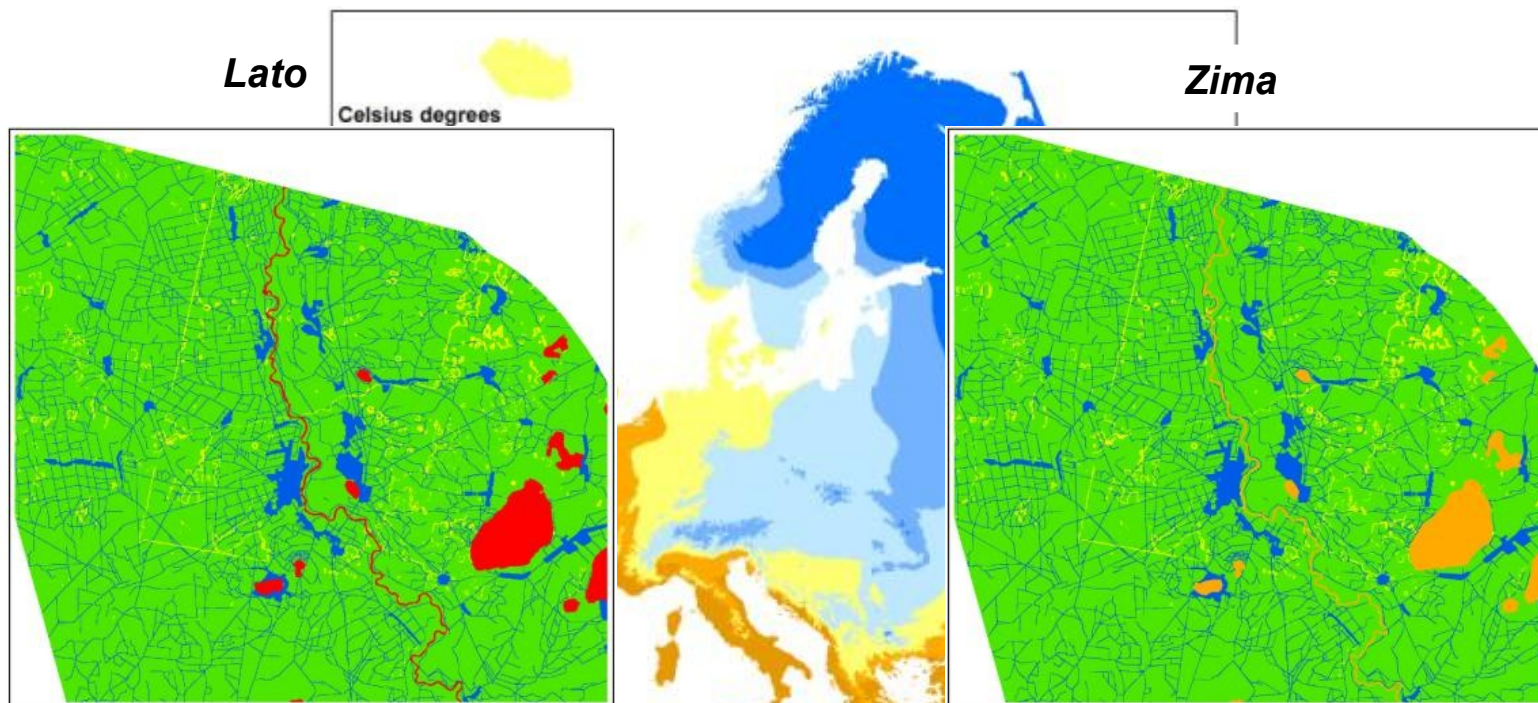




## **Serwis 2. Product 1: Border permeability index map**

### **Wpływ czynników pogodowych na łatwość poruszania się**

**Zamarznięte zbiorniki i ciekły wodne stają się możliwe do przekroczenia dla pieszego**



**Brak informacji o zaleganiu pokrywy śnieżnej**  
**Istotna informacja na obszarach na których,**  
**średnie miesięczne temperatury w styczniu**  
**wynoszą mniej niż 0°C**  
**a także na obszarach górskich**

## Serwis 2. Product 1: Border permeability index map

**Kryterium łatwości pozostania w ukryciu – klasyfikacja terenu ze względu na łatwość pozostania nie zauważonym przez służby celne, porządkowe i ludność cywilną**  
**- warunek przedostania się w głąb kraju**

**Parametry – czynniki wpływające na łatwość pozostania w ukryciu:**

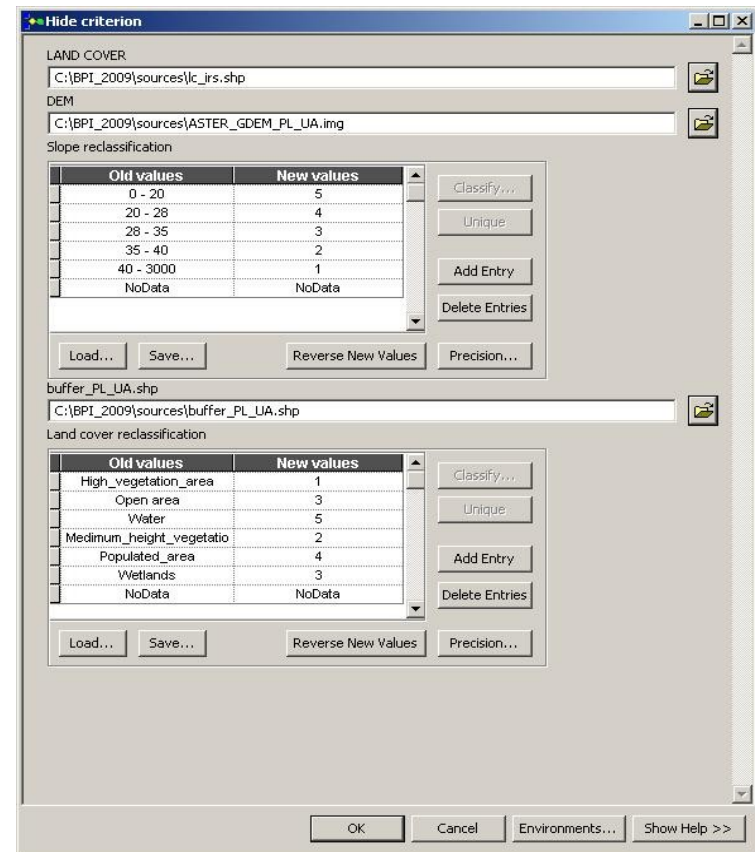
**Rodzaj pokrycia terenu:**

Obszar zalesiony	1
Krzewy	2
Obszar otwarty	3
Obszar zamieszkały	4
Zbiorniki wodne	5
Obszary podmokłe	3

**ASTER Global DEM**

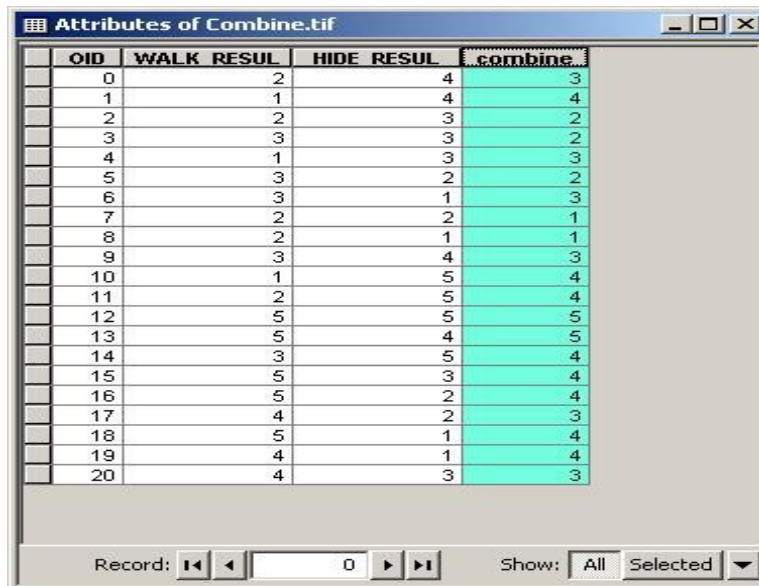
**Spadki terenu (%)**

0 – 20	5
20 – 28	4
28 – 35	3
35 – 40	2
> 40	1

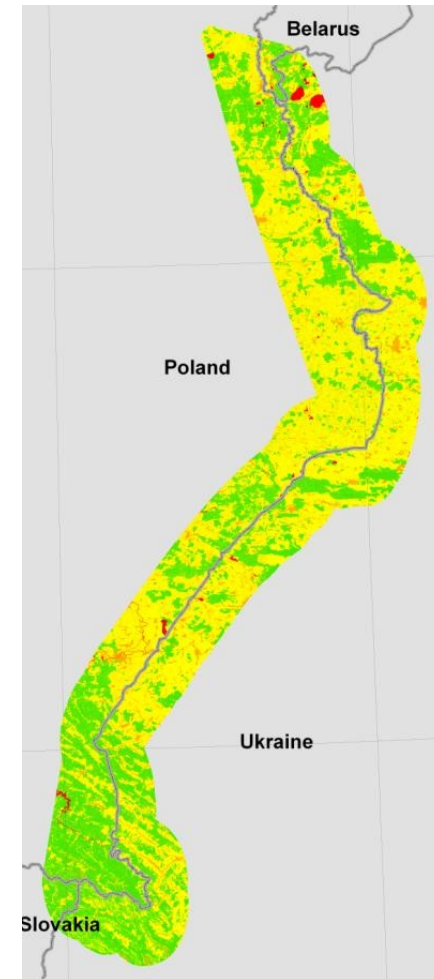


## Kombinacja kryteriów łatwości przejścia i pozostania w ukryciu

- Końcowa mapa indeksu przepuszczalności granic jest kombinacją dwóch kryteriów składowych (łatwości przejścia i pozostania w ukryciu)
- Manualne porównanie parametrów dwóch kryteriów
- Końcowy wynik podlega ocenie użytkowników produktu
- Konieczność nadania priorytetu konkretnemu kryterium
- Wynik przedstawiony za pomocą 5 klas

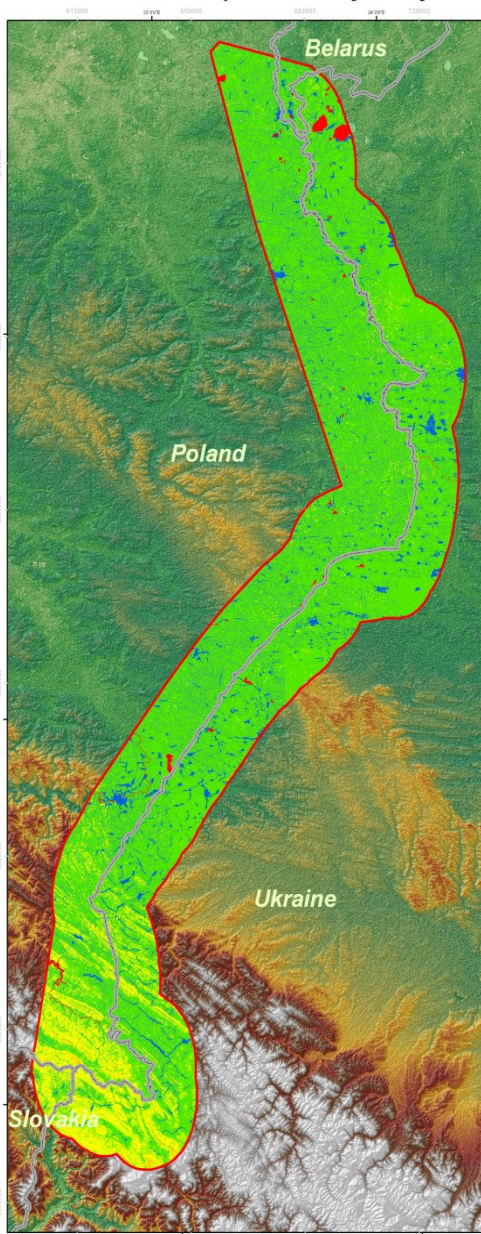


OID	WALK RESUL	HIDE RESUL	combine
0	2	4	3
1	1	4	4
2	2	3	2
3	3	3	2
4	1	3	3
5	3	2	2
6	3	1	3
7	2	2	1
8	2	1	1
9	3	4	3
10	1	5	4
11	2	5	4
12	5	5	5
13	5	4	5
14	3	5	4
15	5	3	4
16	5	2	4
17	4	2	3
18	5	1	4
19	4	1	4
20	4	3	3

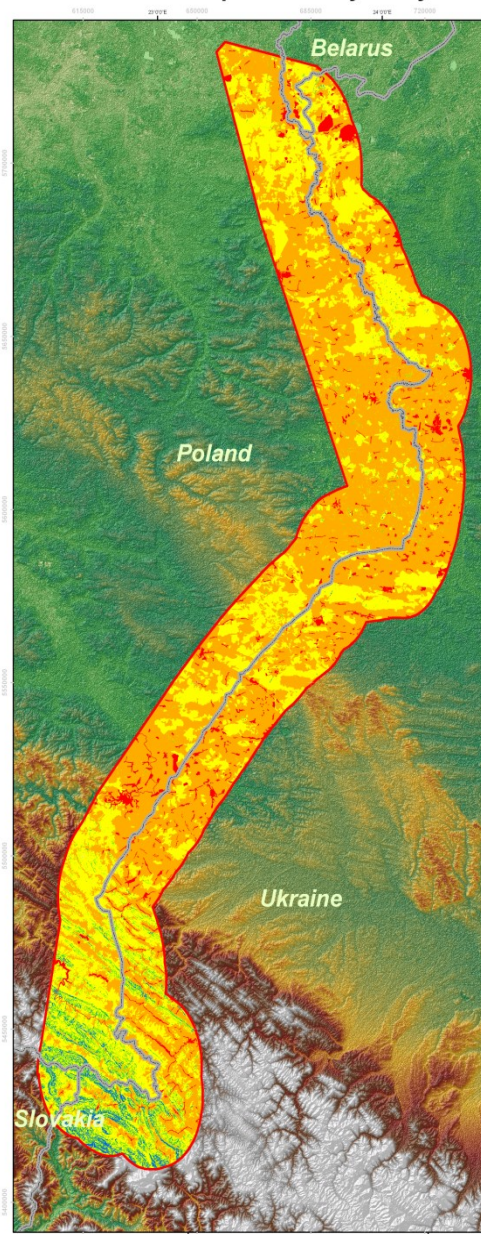




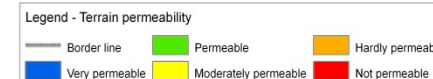
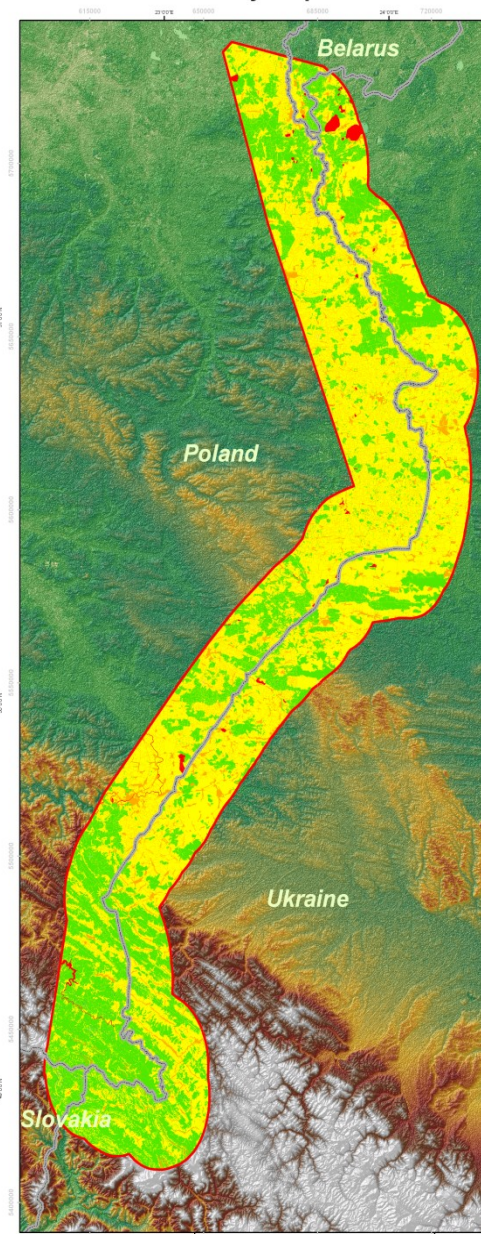
## Walk criterion of permeability analysis



## Hide criterion of permeability analysis



## Permeability Map Index



## Polish - Ukrainian border zone Border Permeability Analysis

### Overview map



### Interpretation

The enlargement of the EU to ten new Member States on May 1, 2004, raised concerns about border control among old Member States. Such countries as Poland, Lithuania, Latvia Estonia or Bulgaria are now acting as a "buffer zone" between the EU and its Eastern and Southern neighbours. They have taken over responsibility for controlling the border between EU and other countries which have become important immigrant sending and transit countries and are increasingly used by smugglers and traffickers in human beings.

The "walk" basic criteria takes into account the ease of crossing the border area by foot, which is greater on a plain (slope, altitude), in open spaces (land cover) or on roads than on a mountain or in a forest.

The "hide" criterion represents the likelihood for an illegal migrant to remain unseen while he is walking in the border area. This criterion includes the possibility of staying far from inhabited areas where there are more chances of being seen. The assumption here is that illegal migrants usually find refuge in forested areas or mountains.

The Permeability Map Index is a result of combination of two previous criterions. It presents in the proper scale the areas which allow staying hidden as well as prone to walk. \* EUR 22332 EN

### Cartographic Information



Local projection: UTM Zone 34 North, Datum: WGS 84  
Geographic projection: Lat/Lon (DMS), Datum: WGS 84

Scale 1:700 000 for A1 prints

### Data Source

- Corine Land Cover 2006
- Image 2006 IRS P6
- VMap Level 2
- ESRI® Data & Maps
- ASTER Global Digital Elevation Model
- © European Environment Agency
- © ANTRIX Corporation Limited 2007
- © Polish Documentation Centre of Geodesy and Cartography,
- © AND International Publishers N.V., ESRI
- © NASA
- © Ministry of Economy, Trade and Industry, JAPAN

Map produced December 1, 2009 by SRC, © SRC PAS 2009







## **Serwis 2. Product 2: Accessibility Map**

### ***Mapa dostępności terenu***

**Dla nielegalnych imigrantów formalne zakazy nie mają zastosowania – chęć i czyn nielegalnego przekroczenia granicy odnoszą się do łamania przepisów / prawa**

**Najważniejszy aspekt – łatwość poruszania się w terenie i czas potrzebny do przekroczenia określonego dystansu**

Analiza dostępności terenu ma na celu wymodelowanie i analizę parametrów które mają wpływ na czas i łatwość poruszania się na określonym terenie

Mapa dostępności terenu pozwala na określenie zasięgów obszarów możliwych do przejścia dla potencjalnego imigranta w określonych odstępach czasu

Dane wejściowe:

- Detailed cross –border LU/LC map – produkt serwisu nr 1
  - wysokorozdzielcze zobrazowanie IKONOS (1m)
  - 19 klas
  - Obszar analizy: 10 km x 10 km
- Numeryczny Model Terenu
  - ASTER GDEM
  - Rozdzielczość przestrzenna 30 m

## Serwis 2. Product 2: Accessibility Map

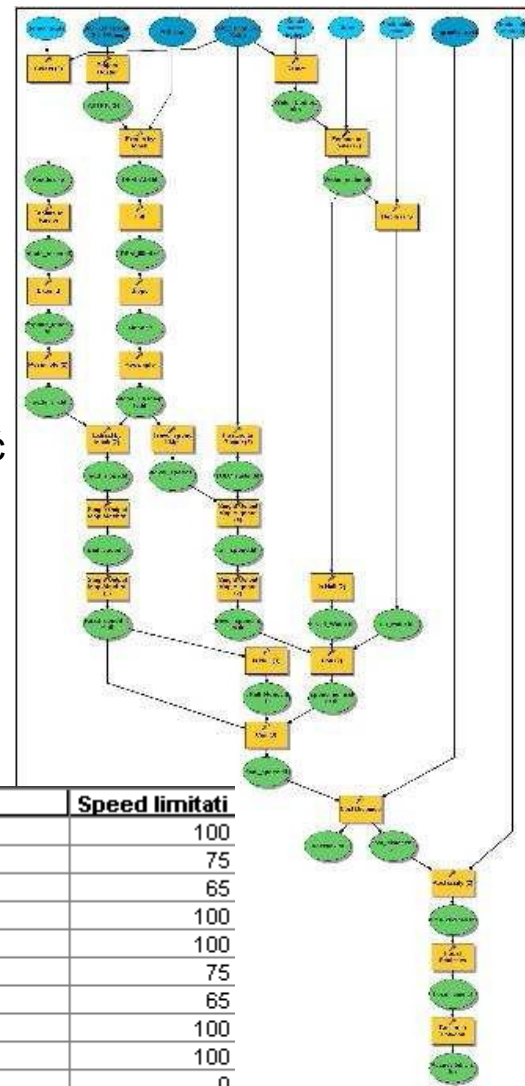
### Analiza dostępności terenu

- Model – ESRI ArcGIS
- Szybkość chodzenia uwarunkowana spadkiem terenu:
  - Spadek terenu:  $W = 6 \exp \{ - 3,5 * \text{abs} (S + 0,05) \}$
  - W – prędkość chodzenia, S – spadek terenu
- pokrycie terenu: różnorodne pokrycie terenu ogranicza prędkość

Obliczona prędkość jest mnożona przez stopień (%), którym pokrycie terenu ma negatywny wpływ na prędkość chodzenia

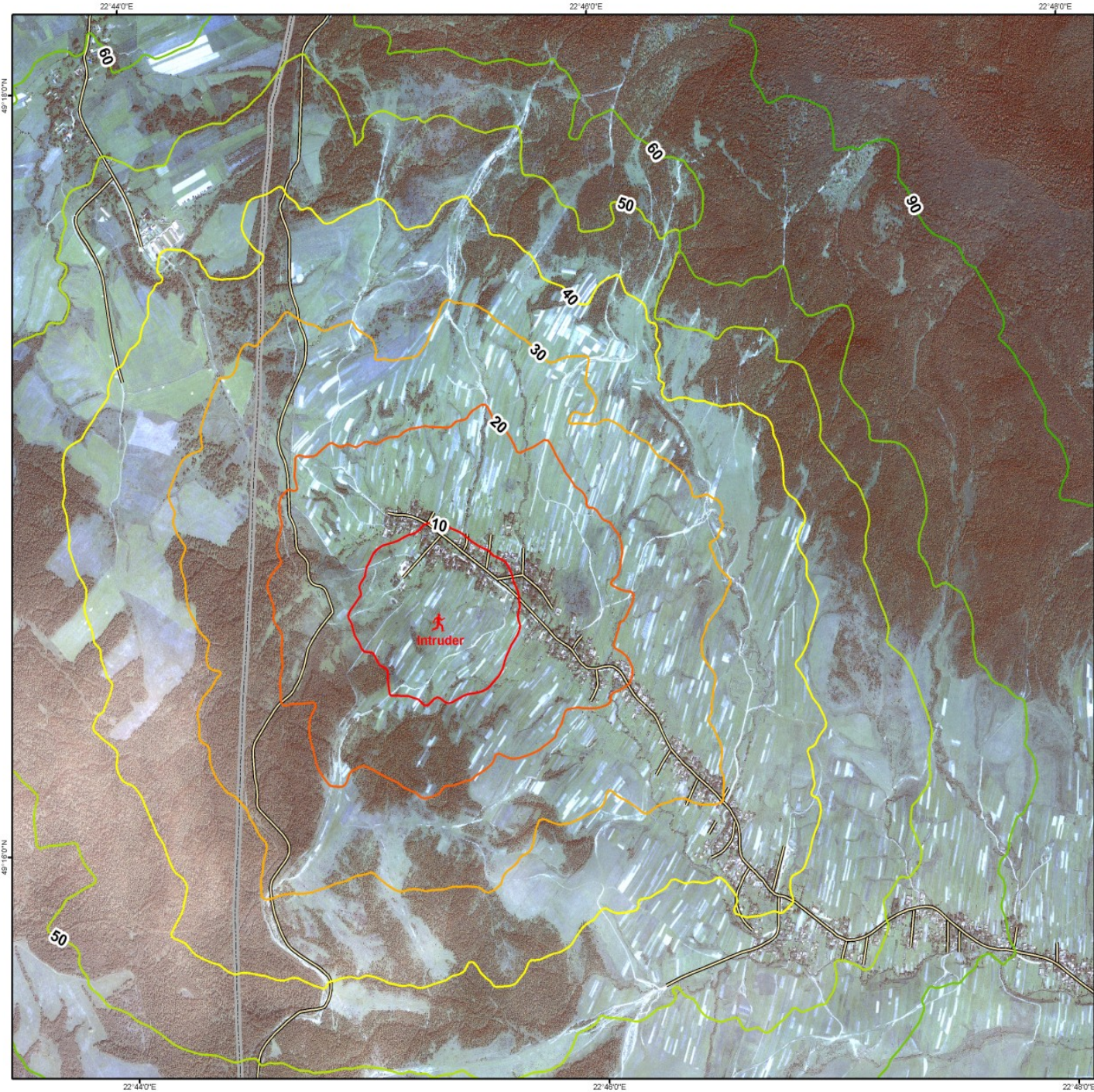
### Wyniki:

- Format wektor / raster
- Obszary osiągalne w konkretnych okresach czasu (sekundy, minuty, godziny)
- Nałożone na dane kartograficzne / zdjęcie



Class	Speed limitati
asphalt road	100
built up	75
cultivated fields	65
dirt road over 2m	100
dirt road under 2m	100
discontinuous urban fabric	75
forest	65
forest road	100
forest road not visible	100
lakes and ponds	0
natural grassland/pasture	80
ploughed fields	55
rivers	0
shrub	75








# Polish - Ukrainian border zone Border Accessibility Analysis

## Overview map



## Legend

-  Illega immigrant
-  Major roads
-  Country border

## Accessibility zones in units of time

### Minutes

-  10
-  20
-  30
-  40
-  50
-  60
-  90

## Cartographic Information







# ***DZIĘKUJE ZA UWAGĘ***

***Klaudia Bielińska***  
***kbielinska@cbk.waw.pl***

***Centrum Badań Kosmicznych PAN***  
***Ul. Bartycka 18a***  
***00-716 Warszawa***

***gmes.cbk.waw.pl***