

**GOOGLE MAPS, YAHOO MAPS, MICROSOFT VIRTUAL EARTH  
I GOOGLE EARTH JAKO NARZĘDZIA DO MONITOROWANIA  
RUCHU STATKÓW ŚLEDZONYCH W SYSTEMIE AIS\***

**GOOGLE MAPS, YAHOO MAPS, MICROSOFT VIRTUAL EARTH  
AND GOOGLE EARTH AS TOOLS FOR MONITORING THE AIS SYSTEM  
FOR RECORDING VESSEL TRAFFIC**

**Krzysztof Naus**

Instytut Nawigacji i Hydrografii Morskiej, Akademia Marynarki Wojennej

**SŁOWA KLUCZOWE:** Google Maps, Yahoo Maps, Virtual Earth, Google Earth, AIS, ruch statków, internetowe monitorowanie ruchu statków

**STRESZCZENIE:** W pierwszej części artykułu zaprezentowano budowę i zasadę działania Systemu Automatycznej Identyfikacji Statków (AIS). Omówiono ogólnie akty prawne nakazujące wyposażanie statków w urządzenia nadawczo-odbiorcze pracujące w AIS. Część zasadnicza zawiera opis techniczny autorskiego internetowego systemu monitorowania obrazu ruchu statków śledzonych w systemie AIS bazującego na serwisach Google Maps, Yahoo Maps, Microsoft Virtual Earth i Google Earth. Ukazano w nim architekturę techniczną systemu oraz proces przetwarzania i przesyłania danych AIS do klienta internetowego. W części końcowej zaprezentowano podobne rozwiązania, funkcjonujące na świecie oraz korzyści płynące dla gospodarki morskiej po zastosowaniu rozwiązania.

## **1. WSTĘP**

Rozwój nawigacji morskiej zawsze był powiązany z rozwojem dostępnej dla człowieka technologii, świetnym tego przykładem może być chociażby kompas, nawigacja satelitarna, ECDIS, czy w ostatnich latach systemy AIS i LRIT (ang. *Long Range Identification and Tracking*). Obecnie można dostrzec, że do nawigacji morskiej przenikają technologie internetowe związane z tzw. „*Web mappingiem*”, który określany jest jako rodzaj prezentacji map w Internecie, tworzony z naciskiem na wizualizację. Wizualizacja

map w sieci coraz częściej realizowana jest nie tylko w oparciu o statyczne dane geograficzne, ale również dynamiczne obrazujące ruch statków. Do monitorowania ruchu statków wykorzystywane są serwisy mapowe prowadzone przez takie firmy jak: Google, Yahoo, Microsoft. Kierując się powyższymi przesłankami podjęto próbę opracowania i oceny rozwiązania technicznego służącego do monitorowania ruchu statków śledzonych w systemie AIS bazującego na serwisach Google Maps, Yahoo Maps, Microsoft Virtual Earth i Google Earth.

## 2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU AIS

AIS (ang. *Automatic Identification System*) jest systemem do automatycznej wymiany danych identyfikacyjnych statków (statycznych i dynamicznych) oraz istotnych dla bezpieczeństwa żeglugi w relacjach: statek – statek oraz statek – stacja brzegowa – statek (ITU, 2001).

Dane statyczne to:

- numer MMSI (ang. *Maritime Mobile Service Identity*),
- numer oficjalny (IMO) statku,
- sygnał wywoławczy i nazwa statku,
- długość i szerokość statku,
- typ statku,
- położenie anteny odbiornika radionawigacyjnego określającego pozycję i parametry ruchu statku, podłączonego do AIS (określone w stosunku do kadłuba statku).

Dane dynamiczne to:

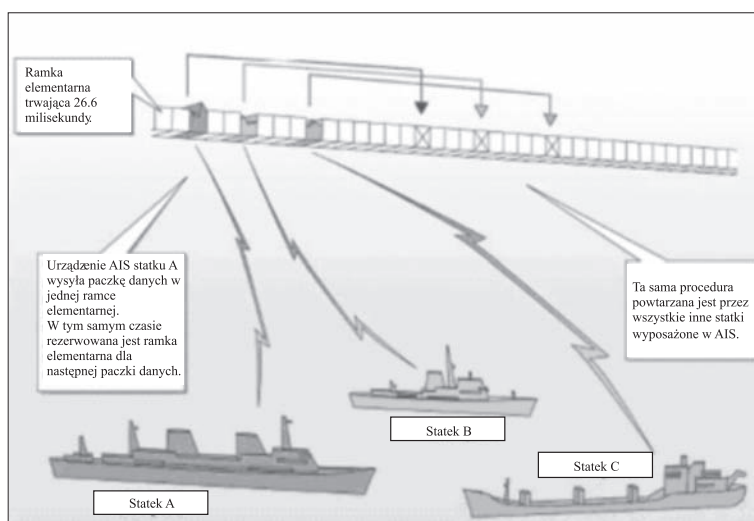
- współrzędne pozycji statku określone statkowym urządzeniem radionawigacyjnym podłączonym do AIS,
- czas UTC (ang. *Universal Time Coordinated*),
- kąt drogi nad dnem i prędkość nad dnem,
- kurs rzeczywisty,
- status nawigacyjny określony zgodnie z postanowieniami Międzynarodowych Przepisów o Zapobieganiu Zderzeniom na Morzu (np. nie odpowiadający za swoje ruchy, na kotwicy itp.),
- prędkość kątowna zwrotu,
- stały kąt przechyłu boczno i aktualne wartości kątów przechyłów wzdłużnych i poprzecznych (opcjonalnie),
- zanurzenie statku,
- wymagane przez administrację morską lub władze portowe informacje o przewożonych ładunkach niebezpiecznych,
- port docelowy i przewidywany czas przybycia do tego portu,
- planowana trasa przejścia (opcjonalnie).

Dane dotyczące bezpieczeństwa żeglugi wysyłane w formie krótkich depeš tekstowych (zawierających do 121 znaków).

System AIS pokrywa swym zasięgiem przybrzeżne akweny morskie, w których odbywa się ruch statków. Pracuje w paśmie częstotliwości VHF (około 162 MHz), a więc jego zasięg działania jest zasięgiem horyzontalnym. Każde urządzenie AIS nadaje dane z wykorzystaniem techniki zwielokrotnionego czasowego przydziału kanału TDMA (ang. *Time Division Multiple Access*). Czas nadawania podzielony jest na ramki czasowe (ang. *Time frames*). Pojedyncza ramka trwa jedną minutę. Każda ramka czasowa podzielona jest na 2250 ramek elementarnych (ang. *Time slots*) o równej długości. Jedna ramka elementarna umożliwia przesłanie 256 bitów danych. Wyróżnia się cztery stany ramek elementarnych:

- wolna (ramka jest ogólnie dostępna dla wszystkich urządzeń AIS),
- przydziału własnego (ramka jest przydzielona do własnych transmisji i może być używana),
- przydziału zewnętrznego (ramka jest przydzielona do transmisji innemu urządzeniu AIS i nie może być używana),
- dostęp (ramka przydzielona jest do retransmisji danych znacznie oddalonego urządzenia AIS).

Ideę sposobu przesyłania danych w systemie AIS ilustruje Rys. 1.



Rys. 1. Przesyłanie danych w systemie AIS.

Wszystkie statki i stacje brzegowe znajdujące się w zasięgu systemu i wyposażone w urządzenie AIS automatycznie otrzymują dane od każdego statku. Na każdym statku wprowadzane są dane do własnego urządzenia AIS, które je koduje i przesyła do innych użytkowników systemu w postaci krótkich pakietów danych. Dane te odbierane są przez inne statki i stacje brzegowe, gdzie po odkodowaniu zamieniane są na użyteczną informację.

Zgodnie z rezolucją MSC 74 (69) Komitetu Bezpieczeństwa na Morzu, Międzynarodowej Organizacji Morskiej i poprawkami w Rozdziale V konwencji SOLAS, z 13 grudnia 2002 r. urządzenia AIS muszą posiadać wszystkie statki pasażerskie i tankowce oraz inne statki o tonażu powyżej 300 BRT (tona rejestrowa brutto) (IMO, 2002a, 2002b).

Harmonogram wyposażania statków pod polską banderą w urządzenia AIS określony został przez Ministra Infrastruktury w Dz. U. nr 103 poz. 1086 z dnia 1 maja 2004 r. „w sprawie harmonogramu wyposażania statków w System Automatycznej Identyfikacji”. Zgodnie z zapisami tej ustawy (Ministerstwo Infrastruktury, 2004):

- 1) Statki o pojemności brutto 300 i powyżej podlegają wymaganiom wyposażenia w System Automatycznej Identyfikacji (AIS).
- 2) Zwalnia się od obowiązku wyposażania w Automatyczny System Identyfikacji (AIS) statki pasażerskie o pojemności brutto poniżej 300, odbywające podróże w żegludze krajowej.

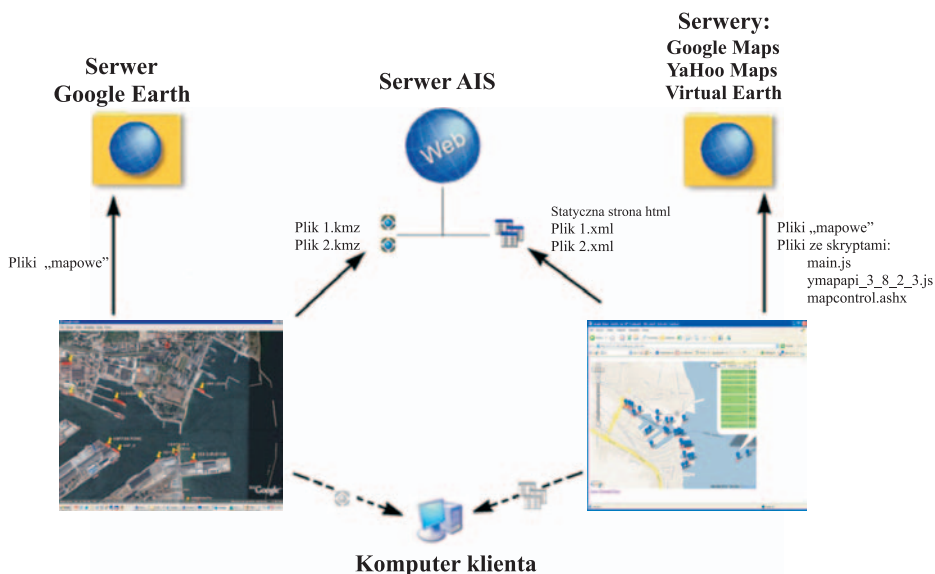
### **3. CHARAKTERYSTYKA OPRACOWANEGO SYSTEMU MONITOROWANIA OBRAZU RUCHU STATKÓW**

Opracowany system jest typowym Systemem Informacji Geograficznej (GIS) opartym na tzw. sieciowych usługach geoinformatycznych. Składa się on z odbiornika systemu AIS (Saab R4S), aplikacji komputerowych (Systemu Zarządzania Bazą Danych AIS, serwera HTTP) oraz aplikacji Google Earth i przeglądarki internetowej, np. Microsoft Internet Explorer dla technologii Google Maps, Yahoo Maps, Microsoft Virtual Earth i komputerów klasy PC. Komunikacja pomiędzy odbiornikiem AIS i Systemem Zarządzania Bazą Danych odbywa się za pomocą standardu NMEA z wykorzystaniem łącza szeregowego RS-422/232C, natomiast komunikacja pomiędzy pozostałymi elementami systemu za pomocą serwera HTTP. Serwer na żądanie klienta dostarcza w przypadku Google Earth plik typu kmz i w przypadku Google Maps, Yahoo Maps, Microsoft Virtual Earth plik typu xml z aktualnymi danymi, zaczerpniętymi z bazy danych AIS. Aplikacja Google Earth i przeglądarka internetowa odbierają pliki z serwera, a następnie na ich podstawie budują i zobrazowują interaktywną warstwę mapową z naniesionymi symbolami jednostek pływających.

System ma architekturę trójwarstwowej internetowej rozproszonej bazy danych (Rys. 2). Pierwszą warstwę klienta stanowią komputery podłączone do Internetu, przeglądarki internetowe i aplikacje desktopowe. Drugą – środkową serwery HTTP. Trzecią – bazodanową Systemy Zarządzania Bazą Danych, pliki bazy danych (typu kmz, xml oraz mapowe), pliki ze skryptami, statyczne strony WWW.

System Zarządzania Bazą Danych AIS odbiera depesze NMEA O183 zakodowane zgodnie z ITU-R M.1371 przesyłane przez transponder Saab R4S, a następnie konwertuje je do plików typu kmz i xml (Rys. 3). Proces konwersji można podzielić na trzy etapy (ITU, 2001):

- przekształcania łańcuchów znakowych w łańcuchy binarne, które je reprezentują,

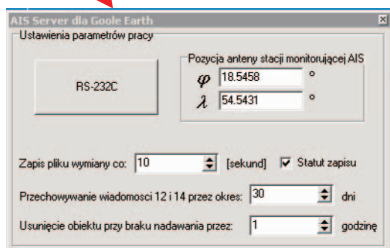


Rys. 2. Architektura techniczna systemu (Naus, 2007).

### Transponder AIS (Saab R4S)



RS – 422/232C



### NMEA 0183/ITU 1371

```
!AIVDM,1,1,,A,33TK@5000QEID007NH==8780000,0*7C
!AIVDO,1,1,,,11mg=5@P011DqD4O=KH6OOw80000,0*0A
!AIVDM,1,1,,B,138Qw0?P001EJgTO7KkP0?w405JL,0*2C
```

### KML/KMZ

```
<table width = "300" border="1" lang="pl" cellpadding="1" cellspacing="1">
<tr><th align="center" valign="middle" colspan="4"><b>Wiadomosci
adresowane</b></th></tr><tr><td bgcolor="#FFFF66" align="center"
valign="middle"><b>Data i czas nadania</b></td><td
bgcolor="#FFFF66" align="center" valign="middle"><b>Nazwa
nadawcy</b></td><td bgcolor="#FFFF66" align="center"
valign="middle"><b>Nr MMSI nadawcy</b></td><td
bgcolor="#FFFF66" align="center" valign="middle"><b>Trese wiadomo-
sci</b></td></tr>
```

### XML

```
<-<markers>
<marker lat="54.534015" lon="18.546533" name="HEROS" dx="0.000000"
dy="0.000000" type="52" ais="26100046019175145!SPG2637!
00:00:0.024.1!15!0104.5!1196017230" />
<marker lat="54.401168" lon="18.679110" name="ATLAS II"
dx="0.000000" dy="0.000000" type="52"
ais="2611370006611071!SQMK !GDANSK !18.11.2007r. godz.
16:00:0.010.1!028!814.2!1196017230" />
```

Rys. 3. System Zarządzania Bazą Danych AIS (Naus, 2007).

- organizowania binarnych łańcuchów w pakiety wiadomości zgodnie z ITU-R M.1371,
- przekształcenia zorganizowanych pakietów wiadomości na odpowiednio zakodowaną informację w plikach typu kmz i xml.

Wszystkie aplikacje webowe wykorzystują technologię AJAX (ang. *Asynchronous JavaScript and XML*) w zarządzaniu asynchronicznym transferem danych z serwera AIS. Dzięki zastosowaniu tej technologii uniknięto blokowania dostępu do aplikacji i konieczności przeładowywania strony internetowej w trakcie wczytywania danych z serwera.

Aplikacja desktopowa Google Earth wymaga załadowania pliku konfiguracyjnego zawierającego adres serwera z którego w ustalonym odstępie czasowym pobierany będzie plik typu kmz z danymi AIS.

Na rysunku 4. przedstawiono okno główne aplikacji Google Earth skonfigurowanej do współpracy z serwerem AIS udostępniającym dane o ruchu statków w porcie Gdynia.



**Rys. 4.** Ruch statków w porcie Gdynia zobrazowany w aplikacji desktopowej Google Earth.

Omawiane aplikacje dla klienta dostępne są na stronie <http://www.aisr4.republika.pl/>.

Podobne rozwiązania można znaleźć na stronach:

- <http://www.vesseltracker.com/en/Area/hamburg/Map.html>
- <http://www.goranpettersson.se/>
- <http://www.2sandnessjo.no/shipplotter/gmap/stavanger.html>
- <http://live.aisparser.com/>

Wyszczególnione aplikacje oparto na stronie WWW z mapą pobraną z serwera Google lub Microsoft. Na tle mapy prezentowane są symbole statków, dodatkowe dane opisowe uzyskane z systemu AIS i zaczerpnięte z zewnętrznych baz danych. Niezarejestrowany internetowy klient ma dostęp do ograniczonego zbioru danych AIS, przesyłanego z celowym, kilkugodzinnym opóźnieniem czasowym. Uzyskanie pełnego dostępu do danych oraz możliwości pracy aplikacji w trybie czasu rzeczywistego wymaga płatnej rejestracji. W zależności od wysokości wniesionej opłaty klient otrzyma rozszerzenie funkcjonalności aplikacji, np. o możliwości wizualizacji trajektorii ruchu statków z ostatniej doby, czy powiadomienia SMS po wejściu statku w zdefiniowany obszar.

#### 4. ANALIZA PODSTAWY KARTOGRAFICZNEJ OPRACOWANEGO ROZWIĄZANIA W ASPEKCIE ZASTOSOWAŃ MORSKICH

##### 4.1. Ogólna charakterystyka odwzorowania Merkatora

Mapa morska przeznaczona do prowadzenia nawigacji w żegludze oraz podczas wykonywania różnorodnych prac i zadań na morzu powinna spełniać dwa najważniejsze wymagania:

- zachować wierność kątów, aby można było na mapie wyznaczać pozycje statku na podstawie pomiarów kątowych,
- loksodromę przedstawiać jako linię prostą.

Wymagania te spełnia odwzorowanie walcowe normalne Merkatora, stosowane w nawigacji prawie przez wszystkie państwa świata już od XVI wieku. Odwzorowanie Merkatora (dla sfery) oparte jest na czterech prostych formułach matematycznych :

$$x = \alpha_s \cdot (\lambda - \lambda_0), \quad (1)$$

$$y = \alpha_s \cdot \frac{1}{2} \cdot \ln \left( \frac{1 + \sin(\varphi)}{1 - \sin(\varphi)} \right) = \alpha_s \cdot \ln(\tan(\varphi) + \sec(\varphi)), \quad (2)$$

$$\lambda = \lambda_0 + \frac{x}{\alpha_s}, \quad (3)$$

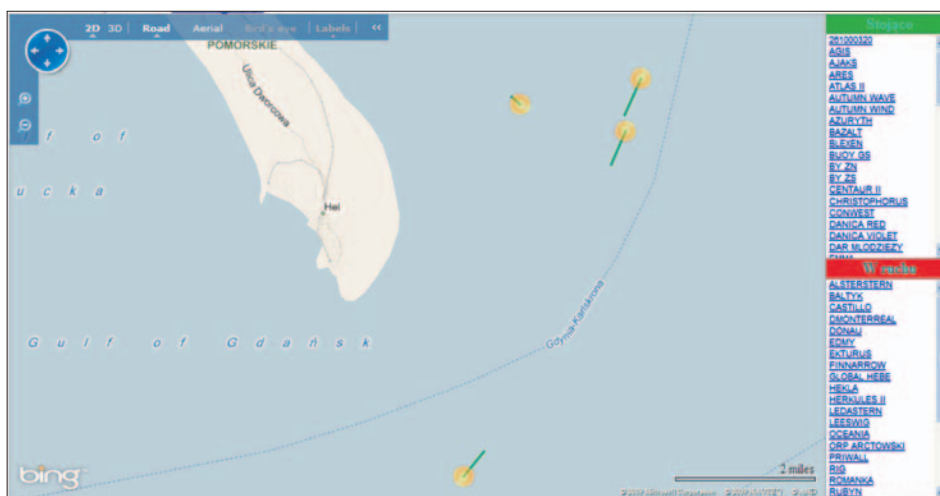
$$\varphi = 2 \cdot \arctan \left( \exp \frac{y}{\alpha_s} \right) - \frac{\pi}{2} = \arctan \left( \sinh \left( \frac{y}{\alpha_s} \right) \right) \quad (4)$$

gdzie:

- $\lambda$  – długość geograficzna odwzorowanego punktu,
- $\lambda_0$  – długość geograficzna południka przechodzącego przez środek mapy,
- $\varphi$  – szerokość geograficzna odwzorowanego punktu,
- $\alpha_s$  – współczynnik skalowania (równy promieniowi kuli dla walca stycznego na równiku).

## 4.2. Podstawa kartograficzna danych mapowych prezentowanych w serwisach Google Maps, Yahoo Maps, Microsoft Virtual Earth

Aplikacja korzystająca z serwisów Google Maps, Yahoo Maps, Microsoft Virtual Earth jest zwykłą stroną WWW, która wywołuje zewnętrzny plik z kodem JavaScript. Plik ten zawiera bibliotekę służącą do tworzenia i manipulowania mapą z własnymi danymi. Dostęp do wszystkich funkcji biblioteki odbywa się z poziomu języka JavaScript. W przypadku opracowanej aplikacji są to funkcje odpowiadające za umieszczanie symbolu statku w odpowiednim miejscu na mapie i wykreślanie z tego miejsca sześciominutowego wektora ruchu. Na rysunku 5 przedstawiono symbolizację zastosowaną do zobrazowania pozycji czterech statków manewrujących w pobliżu Helu.



**Rys. 5.** Mapa z naniesionymi symbolami i wektorami ruchu statków (aplikacja klienta pracuje w ramach serwisu Microsoft Virtual Earth).

Jak wskazano powyżej w przypadku zastosowań morskich ważne jest ustalenie podstawy kartograficznej zaimplementowanej w funkcjach do prezentacji obiektów graficznych na mapie.

Dokumentacja techniczna opisująca ww. serwisy pomija ten temat. Dlatego, w celu ustalenia zastosowanych formuł odwzorowawczych służących do umiejscawiania symbolu statku na mapie przeprowadzono analizę kodu bibliotek serwisu Google (`main_google.js`), Yahoo (`ymapapi_3_8_2_3_Yahoo.js`), Microsoft (`mapcontrol.ashx`). Analiza ta pozwoliła na wyodrębnienie funkcji do transformacji współrzędnych geograficznych na płaskie i odwrotnie. Kody źródłowe tych funkcji przedstawiono poniżej:



## Google Maps

```
Eg.prototype.fromLatLngToPixel=function(a,b){var c=this,d=c.it[b],e=C(d.x+a.lng()*c.kt[b]),g=se(Math.sin(Ne(a.lat())),-0.9999,0.9999),h=C(d.y+0.5*Math.log((1+g)/(1-g))*-c.lt[b]);return new Y(e,h);
```

```
Eg.prototype.fromPixelToLatLng=function(a,b,c){var d=this,e=d.it[b],g=(a.x-e.x)/d.kt[b],h=Oe(2*Math.atan(Math.exp((a.y-e.y)/-d.lt[b]))-ee/2);return new V(h,g,c);
```

## YaHoo

```
function ll_to_pxy(lat,lon){var _cp=new YCoordPoint();var alon=lon+180;var ltmp=Math.abs(alon)%360;if(alon<0){alon=360-ltmp;}if(alon>360){alon=ltmp;}var alat=Math.abs(lat);if(alat>90){alat=90;}alat*=YMapConfig.radPerDeg;_cp.x=parseInt(alon*this.x_per_lon);ytemp=Math.log(Math.tan(alat)+1/Math.cos(alat))/Math.PI;_cp.y=parseInt(ytemp*this.pixel_height()/2);if(lat<0){_cp.y=-_cp.y;}this.status_=1;return _cp;}
```

```
function pxy_to_ll(x_pixel,y_pixel){var gp=new YGeoPoint();this.status_=0;var alon=x_pixel/this.x_per_lon;var ltmp=Math.abs(alon)%360;if(alon<0){alon=360-ltmp;}if(alon>360){alon=ltmp;}gp.Lon=alon-180;var alat=(y_pixel/(this.pixel_height()/2))*Math.PI;alat=Math.atan(sinh(alat))/YMapConfig.radPerDeg;if(alat<-90){alat=-90;}if(alat>90){alat=90;}gp.Lat=alat;this.status_=1;return gp;}
```

## Microsoft

```
function h(d,e){var c=b(e),f=d.x*c-projectionOffset,g=projectionOffset-d.y*c,a=new Msn.VE.LatLong;a.latitude=RadToDeg(Math.PI/2-2*Math.atan(Math.exp(-g/earthRadius)));a.longitude=RadToDeg(f/earthRadius);return a}
```

```
function g(d,f){var e=Math.sin(DegToRad(d.latitude)),g=earthRadius*DegToRad(d.longitude),h=earthRadius/2*Math.log((1+e)/(1-e)),c=b(f),a=new VEPixel;a.x=(projectionOffset+g)/c;a.y=(projectionOffset-h)/c;return a}
```

W każdej z prezentowanych funkcji, dla uwidocznienia wytłuszczono fragmenty kodu zawierające charakterystyczne zależności matematyczne służące do transformacji współrzędnych. Jak łatwo można zauważyć, w każdym przypadku są one charakterystyczne dla odwzorowania Merkatora.

## 5. WNIOSKI

- 1) AIS stanowi nowe źródło danych statycznych i dynamicznych o statkach. Obecnie urzędnicy AIS muszą posiadać wszystkie statki pasażerskie i tankowce oraz inne statki o tonażu powyżej 300 BRT.
- 2) Dane mapowe wykorzystywane w serwisach Google Maps, YaHoo Maps, Microsoft Virtual Earth prezentowane są w odwzorowaniu Merkatora – dlatego mogą być z powodzeniem stosowane do zabezpieczenia geograficznego żeglugi.

- 3) Opracowany system monitorowania ruchu statków jest typowym Systemem Informacji Geograficznej opartym na tzw. sieciowych usługach geoinformatycznych. Dzięki temu użytkownik korzystający tylko z przeglądarki internetowej ma dostęp do rozbudowanych baz danych mapowych i AIS, oraz zawansowanych funkcji wykonywanych po stronie serwera.
- 4) Serwisy do internetowego monitorowania ruchu statków śledzonych w systemie AIS, wykonane w technologii Google Maps, Yahoo Maps, Microsoft Virtual Earth i Google Earth powinny funkcjonować również w Polsce.
- 5) Tego rodzaju systemy mogłyby być wykorzystywane przez służby lądowe do nadzorowania żegluga na akwenach przybrzeżnych, w szczególności do realizacji funkcji informacyjnej o ruchu jednostek pływających, asysty nawigacyjnej, poszukiwania i ratowania na morzu oraz przeciwdziałania zanieczyszczeniom przez jednostki pływające.

## 6. LITERATURA

IMO, 2002a. *Rezolucja MSC 74 (69)*.

IMO, 2002b. *Rozdział V konwencji SOLAS*.

ITU, 2001. Recommendation on the Technical Characteristics for a Ship-borne Automatic Identification System (AIS) Using Time Division Multiple Access in the Maritime Mobile Band - ITU-R M.1371-1.

Ministerstwo Infrastruktury, 2004. *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 30 kwietnia 2004 r. w sprawie harmonogramu wyposażania statków w System Automatyckiej Identyfikacji*.

Naus K., 2007: <http://www.aisr4.republika.pl/>.

### **GOOGLE MAPS, YAHOO MAPS, MICROSOFT VIRTUAL EARTH AND GOOGLE EARTH AS TOOLS FOR MONITORING THE AIS SYSTEM FOR RECORDING VESSEL TRAFFIC**

**KEY WORDS:** Google Maps, Yahoo Maps, Virtual Earth, Google Earth, AIS, the vessel traffic, internet monitoring of the vessels' traffic

**SUMMARY:** The structure and principles of operation of the Automatic Identification System (AIS) of Vessels is presented in first part of the paper. The legislation, which obliges vessels to be fitted with Tx-Rx AIS equipment is described. The main section of the paper contains a technical description of the system for the monitoring of images of vessel traffic in the AIS system. The system, which has been developed by the author, is based on the internet and takes advantage of the facilities offered by Google Maps, Yahoo Maps, Microsoft Virtual Earth and Google Earth services. The technical architecture of the system and the process for the processing and exchanging

of AIS data with the internet customer are demonstrated. The final section presents similar solutions implemented across the world as well as the advantages to the maritime economy to be derived from applying the solution.

dr inż. Krzysztof Naus  
KNaus@wp.pl  
telefon: +48 694476456

