

## ОЦЕНКА ЕФЕКТИВНОСТТА НА ИЗПОЛЗВАНЕ НА СИСТЕМИТЕ ЗА ЕЛЕКТРОННА НАВИГАЦИЯ (ECDIS) САМОСТОЯТЕЛНО И СЪВМЕСТНО С РАДИОЛОКАЦИОННА СТАНЦИЯ (РЛС)

инж. Ивайло Янков Иванов

### VALUATION OF THE EFFICIENCY OF USAGE OF ELECTRONIC CHART DISPLAY AND INFORMATION SYSTEM (ECDIS), INDEPENDENTLY AND IN CO-OPERATION WITH SHIP'S RADAR STATION

eng. Ivaylo Yankov Ivanov

**Abstract:** *The development of the technologies during the last few years contributes to installation and using of electronic charts on board of each modern vessel, which eases the work of OOW (officer of the watch) and keeps a high level of safety in marine navigation. According to regulation V/19.2.10 of the SOLAS (Safety of Life at Sea) convention all transportation vessels have to be supplied with ECDIS consoles up to 1 July 2018, which makes the system to be one of the main devices for marine navigation.*

*Despite the great number of advantages that they have, electronic charts cannot represent the dynamic of the surrounding conditions in real time, therefore ECDIS receive additional information from the other technical equipment installed on board the vessel.*

*Bear in mind all mentioned above, the present report draw our attention to two main directions: the disadvantages of the common usage of the two devices and the advantages of that. The disadvantages are consist in: the volume of the transferred data between the devices, problems concerning the voyage conditions, wrong reflection of the radar signal due to the shape of the shore line, etc., while the advantages improve the usage of EDCIS with following findings: find out of cartographic errors, failure in the transfer and reading of the information from the other systems to ECDIS (e.g. Gyro Compass), errors in defining of ship's position due to malfunction of GPS receivers or GPS system.*

*The assignment of the report is to evaluate the efficiency of usage of ECDIS in co-operation with ship's radar station and to level up the confidence in the seafarers about the usage of these two systems together.*

**Key words:** *overlay, chart, RADAR, ARPA, ECDIS*

Началото на развитието на електронните карти датира през далечната 1950 г. със зараждането на идеята за комбиниране на радарно изображение с цифрови данни, първата елементарна система за електронна навигация е създадена през 1980 г., като терминът ECDIS (Electronic Chart Display and Information System) е въведен в средата на 80-те години и почти 10 години след това ИМО (Международна Морска Организация) публикува стандарти касаещи производството, експлоатацията и поддържането на системи за електронна навигация [8]. Все по бързото развитие на технологиите през последните години доведе до повсеместното навлизане на електронните карти на борда на съвременните кораби и превръщането им в едно от основните технически средства за корабоводене, като използването на електронни карти на борда на кораба запазва и дори повишава степента на безопасност на корабоплаването при правилната им експлоатация, предвид това, че те дават една богата на информация картина за обкръжаващата кораба обстановка, а вградените в системата многобройни възможности за алармени предупреждения и получаване на информация от други средства за корабоводене, не позволяват да се пропуснат и най-малките детайли засягащи безопасността на даден плавателен съд, както при изготвянето, така и при осъществяването на даден преход [1,3].

Съгласно изисквания, изложени в правило V/19.2.10 на Международната конвенция по морска безопасност / SOLAS /, системите за електронна навигация трябва да бъдат поетапно внедрени на борда на всички транспортни кораби предназначени за международни плавания в зависимост от техния тип, размер и година на конструирането им, като крайния срок за това е 01 Юли 2018 г. [3]. През последните 35 години, преминавайки през редица етапи, развитието на корабоводенето на електронни карти е довело до създаването на два вида карти: растерни и векторни, всеки от които със своите предимства и недостатъци. Важното тук е да се отбележи, че съществуват много компании производители на такива карти, продуктите на някои от които

са, а на други не са одобрени от ИМО, предвид наложените изисквания за това, а именно да бъдат издадени от оторизирано хидрографско дружество или съответна правителствена институция, като формата, съдържанието и изобразяването на векторните такива трябва да са съобразени със стандарти ИНО S-52 и ИНО S-57.

Въпреки многото на брой предимства които притежават обаче, електронните карти (ЕК) сами по себе си не могат да пресъздадат динамиката на реално развиваща се обстановка на море, поради тази причина, използването им е свързано с получаване на информация от други технически средства за корабоводене, такива като жирокомпас, лаг, ехолот, радиолокационна станция (РЛС), AIS и др. В случая с РЛС например се съвместява статичната информация осигурена от ЕК от една страна с динамичната такава осигурена от радара от друга страна. Ето защо, наред с всички други възможности които притежава ECDIS (Electronic Chart Display And Information System), тази система притежава и някои свойства, които не са присъщи на хартиените карти, едно от най-важните от които е изобразяването на обекти, които променят характеристиките си с времето. Информацията от такива обекти се кодира в МІОs (Marine Information Objects) и се изобразява на екрана посредством отделни слоеве с цел да се избегне претрупването от информация на дисплея. Именно посредством техниката за разделяне на информацията на слоеве, може да се интегрират данни в ECDIS от външни източници, например от РЛС [10].

Идеята на настоящия доклад е да се оцени ефективността на използване на ECDIS съвместно с РЛС посредством отбелязване на някои основни предимства и недостатъци, произтичащи от комбинираното използване на двете технически средства за корабоводене, като по този начин се увеличи увереността на вахтените офицери в съвместната им употреба [11,12].

На първо място ще направим обзор на потенциалните проблеми, произтичащи от едновременното използване на двете системи, като ние сме се спрели главно на три основни недостатъка:

- **Пренос на данни от РЛС към ECDIS:** Методът за налагане на радарно изображение върху ЕК е много трудоемък и изисква голямо количество време и ресурси. За да се осигури висока точност на процеса, е необходимо да се разгледат няколко основни проблема, един от най-важните от които е правилното налагане на картата с актуалните координати на мястото на кораба и съвместяването ѝ с координатите на информацията постъпваща от радара, като важно е да се знае, че всеки информационен пакет идващ от РЛС, съдържа също данни за географското местоположение на радара в даден момент, с неговите актуални данни по азимут. Вторият важен момент тук е стабилната и надеждна комуникация между двете технически средства, предвид голямото количество данни протичащи между тях. Не на последно място по важност е и обема информация постъпващ към ECDIS от РЛС, в режим на висока резолюция например, данните получени от радара, достигат стойност от 512 пакета за 0,25 части от градуса, което при 16 грm на антената на радара, съответства на 11,7 милиона данни за минута, като това може да е проблем при използване на процесор с ограничени възможности, намалявайки производителността на картната система [10].

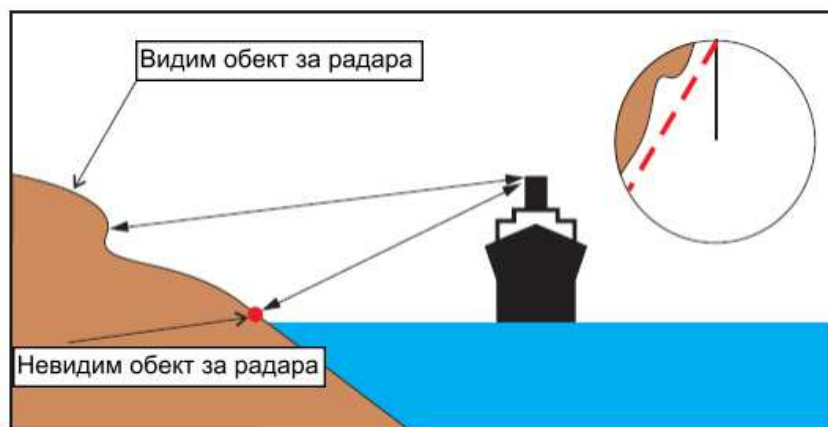
С изложеното по – горе искаме да обърнем внимание на факта, че при неправилно конфигурирана система може да се стигне до неточности в данните получени от съвместната работа на двете устройства, особено при плаване в наситени с обекти (статични и динамични) райони.

ТАБЛИЦА 1 - ПРОИЗВОДИТЕЛНОСТ НА СОФТУЕРА НА ECDIS

Измерен параметър	Преди оптимизация	След оптимизация
Разходвано време за обработка на единица информация, ms	4250	101
Използвана буферна памет, %	6,0	2,6

• **Проблеми които могат да възникнат при работа с ECDIS и РЛС в следствие условията на прехода:** Проблемите, които могат да възникнат тук са свързани главно с човешкия фактор. По време на даден преход корабът преминава през различни райони, както по-малко, така и повече наситени с плавателни средства, навигационно оборудване и географски обекти, такива като теснини, канали, заливи, проливи, подходи към пристанища и др., което в случаите на интензивен трафик и плаване в район богат с такива обекти, и оборудване, води до голямо количество информация изобразена на дисплея на електронната карта, в това число и такава получена от радара. Способността на вахтения офицер да възприема цялата информация от дисплея е определяща за вземането на решения за осигуряване на безопасността на прехода, като тази способност е различна за отделните индивиди. Важен фактор, който също оказва влияние върху възприемчивостта на информацията от дисплея е и хидрометеорологичната обстановка, която може допълнително да влоши картината на дисплея на картната система при съвместна работа с РЛС, като дъждовете, снеговалежите, влажността и силното вълнение могат така също да доведат до подаване на информация на входа на конзолата на ECDIS с големи отклонения. При наслагването на радиолокационно изображение върху екрана на системата за електронна навигация, всички негативни влияния от наличието на валежи (когато водните частици поглъщат част от електромагнитната енергия и намаляват ефективността на работата на РЛС с 10 до 50%) се пренасят от дисплея на радара, върху този на ECDIS, което в следствие може да обърка и/или заблуди навигационния офицер при оценка на дадената ситуация, ето защо доброто обучение и дългогодишния опит при работа със системи за електронна навигация са много важни, още повече, че при плаване в споменатите райони и при споменатите условия, промяната на мащаба на дадена електронна карта, може да доведе до загуба на част от информацията за обкръжаващата кораба среда [2].

• **Неточности в следствие на отражение на радиолокационния сигнал не директно от бреговата линия, а от обекти разположени във вътрешността:** Проблемата, който разглеждаме тук е свързан главно с факта, че в повечето случаи сигнала излъчен от РЛС се отразява не от бреговата линия, а от обекти с по-добри отразяващи свойства разположени във вътрешността на брега (стръмни склонове, масивни обекти и др.) [4]:



Фиг. 1 - Елементи от бреговата линия, видими и невидими за радара.

В следствие на споменатото по-горе се получава разминаване в контура на бреговата линия изобразен на електронната карта и този получен посредством радиолокационно наблюдение. Разминаването в бреговата линия може да се дължи и на факта, че даден район от електронната карта е изобразен на база данни, получени от хидрографски проучвания извършени със секстант и теодолит например през 1890 г. [9], като в следствие на ерозия и човешка дейност, контура на този район може да се е променил до наши дни:



Фиг. 2 – Несъответствие в бреговата линия получена от радарното изображение и тази на електронната карта

Като се има предвид изложеното дотук, можем да стигнем до заключение, че при определяне мястото на кораба (ОМК) по два навигационни параметъра например, позицията на кораба ще бъде различна, при използване на пеленг и дистанция снети от електронната карта и такива определени с помощта на РЛС към един и същ ориентир на брега.

Излизането на спътниковата навигационна система от строя не означава, че системите за електронна навигация стават неизползваеми, ето защо за да се изобрази разликата в определеното място на кораба получено на база данни от ECDIS (пеленг и дистанция) и това получено от измервания на радиолокационни параметри, е направена оценка на точността му със средноквадратична кръгова грешка (СКГ), като са снети серия от измервания към един и същ брегови ориентир „Tanah Merah“ – Eastern Approaches to Singapore, с координати  $\varphi = 001^{\circ} 15,77' N$  и  $\lambda = 103^{\circ} 52,08' E$ , при следните условия: вятър – 1.3 m/s, NE; течение – 0.5 kt,  $090^{\circ}$ , като са получени следните резултати:

*-От електронната карта:*

Пеленг,  $\Pi = 52,8^\circ$ ;

Дистанция,  $D = 3,26 \text{ nm}$ ,

По метода на абсолютното привързване са определени средноквадратичните грешки на измерения пеленг и разстояние:

**ТАБЛИЦА 2 – СТОЙНОСТИ НА НАВИГАЦИОННИ ПАРАМЕТРИ СЧЕТИ ОТ ECDIS**

No	$\Pi^\circ$	D, nm
1	52,8	3,26
2	52,7	3,27
3	52,8	3,26
4	52,7	3,26
5	52,7	3,26
6	52,7	3,26
7	52,7	3,25
8	52,9	3,26
9	52,9	3,26
10	52,9	3,25

**ТАБЛИЦА 3 – ИЗЧИСЛЕНИЯ ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА СКГ ПО ДАННИ, СЧЕТИ ОТ ECDIS**

No	$\Delta\Pi$	$\Delta D$	$\Delta\Pi^2$	$\Delta D^2$
1	-0,2000	-0,0300	0,0400	0,0009
2	-0,3000	-0,0200	0,0900	0,0004
3	-0,2000	-0,0300	0,0400	0,0009
4	-0,3000	-0,0300	0,0900	0,0009
5	-0,3000	-0,0300	0,0900	0,0009
6	-0,3000	-0,0300	0,0900	0,0009
7	-0,3000	-0,0400	0,0900	0,0016
8	-0,1000	-0,0300	0,0100	0,0009
9	-0,1000	-0,0300	0,0100	0,0009
10	-0,1000	-0,0400	0,0100	0,0016
СУМА, [xx] =			<b>0,5600</b>	<b>0,0099</b>

$\Delta\Pi = \Pi_i - \Pi$ ,  $\Pi$  е истинската стойност на параметъра,  $\Pi = 53.0^\circ$ ;

$\Delta D = D_i - D$ ,  $D$  е истинската стойност на параметъра,  $D = 3.29\text{nm}$ ;

$n$  – брой на измерванията,

$$m_{\Pi} = \pm \sqrt{\frac{[xx]}{n}} = \pm \sqrt{\frac{0.56}{10}} = 0.24^\circ,$$

$$m_D = \pm \sqrt{\frac{[xx]}{n}} = \pm \sqrt{\frac{0.0099}{10}} = 0.03 \text{ nm},$$

Направена е оценка на ОМК, като са определени:

$$\text{Градиент на пеленг, } g_{\Pi} = \frac{57.3}{D} = \frac{57.3}{3.26} = 17.58^{\circ}/\text{nm}, \quad t_{\Pi} = \Pi + 90^{\circ} = 52.8^{\circ} + 90^{\circ} = 142.8^{\circ};$$

$$\text{Градиент на разстояние, } g_{D} = 1, \quad t_{D} = \Pi + 180^{\circ} = 52.8^{\circ} + 180^{\circ} = 232.8^{\circ};$$

Пълна средноквадратична грешка на линиите на положението:

$$m_{\text{лп1}} = \frac{m_{\Pi}}{g_{\Pi}} = \frac{0.24^{\circ}}{17.58^{\circ}/\text{nm}} = 0.014 \text{ nm};$$

$$m_{\text{лп2}} = \frac{m_{D}}{g_{D}} = \frac{0.032 \text{ nm}}{1} = 0.032 \text{ nm},$$

$$M_s = \frac{1}{\sin 90^{\circ}} \sqrt{m_{\text{лп1}}^2 + m_{\text{лп2}}^2} = \sqrt{0.014^2 + 0.032^2} = 0.03 \text{ nm}$$

*-По данни от РЛС:*

Пеленг,  $\Pi = 54,8^{\circ}$ ;

Дистанция,  $D = 3,36 \text{ nm}$ ,

По метода на абсолютното привързване са определени средноквадратичните грешки на измерения пеленг и разстояние:

**ТАБЛИЦА 4 – СТОЙНОСТИ НА НАВИГАЦИОННИ ПАРАМЕТРИ СНЕТИ ОТ РЛС**

No	$\Pi^{\circ}$	D, nm
1	54,7	3,34
2	54,8	3,35
3	54,6	3,37
4	54,5	3,34
5	55,0	3,36
6	54,8	3,34
7	55,1	3,39
8	55,0	3,37
9	54,8	3,39
10	55,0	3,35

**ТАБЛИЦА 5 – ИЗЧИСЛЕНИЯ ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА СКГ ПО ДАННИ, СНЕТИ ОТ РЛС**

No	$\Delta\Pi$	$\Delta D$	$\Delta\Pi^2$	$\Delta D^2$
1	1,7000	0,0500	2,8900	0,0025
2	1,8000	0,0600	3,2400	0,0036
3	1,6000	0,0800	2,5600	0,0064
4	1,5000	0,0500	2,2500	0,0025
5	2,0000	0,0700	4,0000	0,0049
6	1,8000	0,0500	3,2400	0,0025

No	$\Delta\Pi$	$\Delta D$	$\Delta\Pi^2$	$\Delta D^2$
7	2,1000	0,1000	4,4100	0,0100
8	2,0000	0,0800	4,0000	0,0064
9	1,8000	0,1000	3,2400	0,0100
10	2,0000	0,0600	4,0000	0,0036
СУМА, [xx] =			<b>33,8300</b>	<b>0,0524</b>

$\Delta\Pi = \Pi_i - \Pi$ ,  $\Pi$  е истинската стойност на параметъра,  $\Pi = 53.0^\circ$ ;  
 $\Delta D = D_i - D$ ,  $D$  е истинската стойност на параметъра,  $D = 3.29\text{nm}$ ;  
 $n$  – брой на измерванията,

$$m_{\Pi} = \pm \sqrt{\frac{[xx]}{n}} = \pm \sqrt{\frac{33.83}{10}} = 1.84^\circ;$$

$$m_D = \pm \sqrt{\frac{[xx]}{n}} = \pm \sqrt{\frac{0.0524}{10}} = 0.07 \text{ nm},$$

Направена е оценка на ОМК, като са определени:

$$\text{Градиент на пеленг, } g_{\Pi} = \frac{57.3}{D} = \frac{57.3}{3.36} = 17.05^\circ/\text{nm}, \quad t_{\Pi} = \Pi + 90^\circ = 54.8^\circ + 90^\circ = 144.8^\circ;$$

$$\text{Градиент на разстояние, } g_D = 1, \quad t_D = \Pi + 180^\circ = 54.8^\circ + 180^\circ = 234.8^\circ;$$

Пълна средноквадратична грешка на линиите на положението:

$$m_{\text{лп1}} = \frac{m_{\Pi}}{g_{\Pi}} = \frac{1.84^\circ}{17.05^\circ/\text{nm}} = 0.110 \text{ nm};$$

$$m_{\text{лп2}} = \frac{m_D}{g_D} = \frac{0.072 \text{ nm}}{1} = 0.072 \text{ nm},$$

$$M_s = \frac{1}{\sin 90^\circ} \sqrt{m_{\text{лп1}}^2 + m_{\text{лп2}}^2} = \sqrt{0.110^2 + 0.072^2} = 0.13 \text{ nm}$$

След сравняване на получените резултати ясно се вижда, че при снемане на еднакви навигационни параметри (пеленг, дистанция) от ECDIS и РЛС към един и същи брегови ориентир при равни други условия, оценката за точността на полученото място на кораба е различна. Тук можем да направим и следния извод, ако измерваме навигационни параметри с помощта на РЛС и ги нанасяме на електронна карта, то тогава местоположението на кораба обозначено на картата ще се различава от действителното място, предвид получените по – горе резултати.

След обзора на потенциалните недостатъци произтичащи от съвместната работа на двете системи, ще направим и кратък преглед на предимствата от едновременното използване на ECDIS и РЛС с цел по – обективна оценка на ефективността от това, както следва:

- **Откриване на картографски грешки:** Несъответствието между линията на брега получена от радарно изображение с тази на електронната карта може да е причина за картографски грешки, което трябва да се има предвид от корабоводителя по време на даден преход. В резултат на тези грешки вахтения офицер може да оцени грешно полученото място на кораба и да получи позицията на кораба на електронната карта, много различна от действителната.



Фиг. 3 – Несъответствие в бреговата линия получена от радарното изображение и тази на електронната карта, картографска грешка

Причината за картографска грешка може да са неправилни изчисления при преминаване от една към друга координатна система (от локална към WGS'84 например), в резултат на което се добавя систематична грешка в истинската позиция на линия или обект от картата [4].

- **Откриване на грешки в датчиците за приемане на информация от други технически средства и грешки в преноса на данни:** В този случай конкретно се разглежда грешно подаване на информация от жирокомпас (ЖК), в следствие на което вахтения помощник може да се заблуди за курса на кораба, за стойността на измерените пеленги към даден ориентир или цел, и от там да си направи грешни изводи относно дадена ситуация [4].



Фиг. 4 – Завъртане на радарното изображение в следствие на грешно подадена информация от сензора на ЖК

Налагането на радарно изображение върху електронната карта е един лесен начин за откриване и в следствие за отстраняване на споменатата по – горе грешка.

- **Откриване на грешка в позицията на кораба в следствие на неправилна работа на системата за сателитна навигация (GPS):** При плаване на кораба в райони различни в хидрометеорологично отношение, може да се повлияе директно върху сигнала постъпващ от



космическия сегмент на системите за сателитна навигация. Важно е да се отбележи, че преминаването през топъл или студен фронт оказва влияние върху разпространението на GPS сигнала, особено при плаване в средни ширини, където това води до забавянето му и така оказва влияние върху точността на определеното място на кораба, изобразено на електронната карта (2 мм отклонение от точната позиция на кораба на електронна карта в мащаб 1:50000, отговарят на 100 м отклонение от истинското мястото на кораба в действителността), като върху тази точност влияние може да окаже и отразяването на GPS сигнала в следствие на голям брой географски обекти в района на плаване, преди приемането му на кораба [5].

Посредством налагането на радарното изображение върху електронната карта лесно могат да се открият тези грешки, ако се забележи едно постоянно изместване на бреговата черта получена от радара с тази изобразена на екрана на конзолата за електронна навигация, което е доказателство за систематична грешка в показанията на GPS приемника [4].



Фиг. 5 – Използване на линии на положението за ръчно ОМК върху електронна карта

С помощта на радара лесно може да се определи истинската позиция на кораба, като измерените от РЛС навигационни параметри (пеленги, дистанции) се нанесат върху електронната карта, ако полученото място се различава значително от това определено с GPS, то тогава грешка в позиционирането на кораба е налична. Използването на всички налични средства за ОМК и осигуряване безопасността на прехода, в това число и РЛС е регламентирано в Циркуляр No 255 на ИМО [6,7].

Предвид всичко изложено до тук, можем да заключим, че системите за електронна навигация са един универсален и безценен помощник на корабоводителя, те са част от съвременния интегриран мостик и ползата им във воденето на кораба е безспорна, като всяко техническо средство обаче те също притежават редица недостатъци. Съвместното използване на картните системи и РЛС до голяма степен компенсират описаните по-горе недостатъци, още повече дава една по-нагледна представа за обкръжаващата кораба обстановка (обекти, други кораби и т.н.) и по този начин помага за изготвяне на една по-точна оценка на ситуацията от страна на вахтения помощник.

Посредством бъдещи проучвания и изследвания, целта на нашия екип е да повиши доверието на морските лица в надеждността на електронните карти чрез оценяване ефективността от използването им съвместно с радиолокационната станция на кораба, както и да допринесе за развитието на картните системи, като източник на информация за корабоводителя не само по време на преход, но и в по-особени условия, такива като стоене на котва, подхождане за заставане на вързала и др.

**ЛИТЕРАТУРА:**

1. Лобастов В., 2004. Электронная картографическая система „dKart Navigator”, Морской государственны университет „Г.И. Невелского“;
2. Хаджиатанасов П. 1999, Навигация I ч., ТУ-Варна;
3. ADMIRALTY, 2012. ECDIS buyers guide;
4. Fadeev V., 2014, Radar Overlay to Improve ECDIS Navigation, Jeppesen;
5. Gregorius T., G. Blewitt, 1998. The Effect of Weather Fronts on GPS Measurements, The University of Newcastle;
6. IMO - SN.1/Circ.255, 2006, Additional guidance on chart datums and the accuracy of positions on charts;
7. Instone M., 2010, Advanced ECDIS – Getting the most out of your equipment, ECDIS Ltd., Foreham;
8. JRC, 2010. All about ECDIS: Charting the way, JRC Brochure;
9. Perugini N., 2001. Behind the Accuracy of Electronic Charts, National Oceanic and Atmospheric Administration, Silver Spring, Meryland.
10. Sediono W., Dharmawan T, 2010. Method and Implementation to Overlay Radar Image on the Electronic Chart, Journal of Defence Science and Technology, Indonesia;
11. Weintrit A., 2008, Radar image overlay in ECDIS display versus electronic navigational chart overlay on RADAR screen, Gdynia Maritime University;
12. Zhang S., X. Liu, N. Zhang, 2013, Exploration of the Fusion Display of ECDIS and Radar Image Information in High Latitude Sea Area, ICETIS 2013, Atlantis Press;

**За контакти:**

инж. Ивайло Янков Иванов – докторант  
Технически Университет – гр. Варна, Факултет по  
Морски Науки и Екология  
България, гр. Варна 9000, ул. Студентска No 1  
моб. тел.: 0888366631  
e-mail: [bridgeltld@abv.bg](mailto:bridgeltld@abv.bg)