

## فصلنامه علمی پژوهش در ایمنی، سلامت و محیط زیست

# اهمیت طراحی و بکارگیری هوش مصنوعی در پیاده سازی سیستم کمک ناوبری بویه های مجازی به جهت ارتقاء سطح ایمنی دریانوردی در بنادر

فروزان فرخیان<sup>۱\*</sup>، ابوطالب گرایلو<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> استادیار، گروه محیط زیست و HSE، دانشکده کشاورزی، آب، غذا و فراسودمندا، دانشگاه آزاد اسلامی اهواز، اهواز، ایران

<sup>۲</sup> دانشجوی دکتری گروه محیط زیست و HSE، دانشکده کشاورزی، آب، غذا و فراسودمندا، دانشگاه آزاد اسلامی اهواز، اهواز، ایران

### چکیده

بیش از ۹۰ درصد تجارت خارجی کالاها به واسطه شیوه حمل و نقل دریایی صورت می پذیرد و گلوگاه ابتدائی و انتهایی کشتی ها به جهت بارگیری/ تخلیه کالاها در بنادر کشورها می باشد، لذا تامین ایمنی دریانوردی در مسیر کریدور آبراه ورودی و خروجی بنادر به جهت کاهش ریسک انواع مخاطرات قابل تصور برای یک شناور، همواره حایز اهمیت و جزء دغدغه های لاینفک مدیران بنادر در تمامی بنادر جهان بشمار می آید. از اینرو با توجه به آنکه بویه های دریایی سنتی فیزیکی موجود بعنوان مشخص کننده مسیر ترافیک ورود و خروج کشتی ها در کریدور آبراهه های بنادر ایفای نقش می نمایند، لذا بهره گیری از هوش مصنوعی در جهت ارتقاء عملکرد بویه های فیزیکی به واسطه پیاده سازی بویه های مجازی می تواند نقش بسزائی در ارتقاء سطح ایمنی دریانوردی در آبراهه های بنادر بعنوان گلوگاه های اصلی عبور و مرور کشتی ها ایفای نقش نمایند. از اینرو در این پژوهش به عنوان مطالعه موردی ضرورت پیاده سازی سیستم علائم کمک ناوبری مجازی و یکپارچه سازی عملکرد آنها بوسیله هوش مصنوعی با بویه های فیزیکی مستقر در آبراه بنادر و سامانه های شناسائی خودکار کشتی ها موسوم به AIS، سیستم نقشه های الکترونیکی یا ECDIS و رادار آرپا در کانال خورموسی مجتمع بندری امام خمینی به عنوان طویل ترین و یکی از پرچالش ترین آبراهه های ورودی بنادر کشور با فاصله حدوداً ۴۲ مایل دریایی از دهانه خورموسی تا محل اسکله های پهلودهی جهت کاهش خطای انسانی در هدایت کشتی ها پرداخته شده است.

### مشخصات مقاله

تاریخچه مقاله:

نوع مقاله: علمی

دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۰۸

بازنگری: ۱۴۰۴/۰۵/۳۰

پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۰۵

ارائه آنلاین: ۱۴۰۴/۰۶/۲۵

\* نویسنده مسئول:

foroz.farrokhan@gmail.com

کلید واژه ها:

بویه های مجازی،

هوش مصنوعی،

ریسک،

ایمنی دریانوردی،

خورموسی



© نویسندگان

ناشر: دانشگاه جامع امام حسین (ع)

این مقاله تحت لیسانس آفرینندگی مردمی (Creative Commons License- CC BY) در دسترس شما قرار گرفته است.

## ۱- مقدمه

تجارت و حمل و نقل کالا تاریخچه ای به بلندای حیات متمدنانه بشر دارد و به طور روزافزون اهمیت و ضرورت آن در پیشرفت و بهبود زندگی بشر نمود بیشتری می یابد، در این میان امروزه ۹۰ درصد تجارت بین المللی از طریق دریا و از مسیر بنادر کشورها انجام می شود [۱]. این تجارت از طریق حمل و نقل دریایی و توسط بیش از ۹۲ هزار کشتی اقیانوس پیما و بیش از یک میلیون و دویست هزار دریانورد و همچنین بیش از ۶۵۰۰ بندر و پایانه نفتی و غیر نفتی در سطح بین المللی انجام می گیرد [۲]. در این میان برخلاف جاده ها و بزرگراه هایی که در آن ها رانندگی می کنیم، مسیرهای آبی، علائم جاده ای را ندارند که موقعیت، مسیر یا فاصله تا مقصد یا خطرات موجود در مسیر را به ما نشان دهند. در آب ها علائم کمک ناوبری<sup>۱</sup> و چراغ های دریایی متصل به بویه ها<sup>۲</sup>، سامانه های سیستم شناسائی خودکار<sup>۳</sup>، سیستم نقشه های الکترونیکی<sup>۴</sup> یا سایر موارد وجود دارند که همه آنها ساخته دست بشر بوده و توسط دریانوردان برای تعیین موقعیت یا مسیر ایمن ورودی و خروجی از بنادر و آبراهه های داخلی مورد استفاده قرار می گیرند. این علائم حسب به نمایش گذاشتن مسیر صحیح و کم خطر عبور و مرور خطرات دریانوردی موجود در مسیر را نشان می دهند و فرمانده شناور یا پایلوت بندر را قادر میسازد که به واسطه پیروی از کریدور عبور و مرور مشخص شده ترددی ایمن و بدون از تصادم با سایر شناورهای عبوری بالاخص در زمان شرایط نامساعد جوی را ممکن سازد. در این میان از یک سو با توجه به آنکه بسیاری از بنادر بزرگ و مهم در جهان دارای کریدور یا همان آبراه طبیعی یا مصنوعی ساخته دست بشر جهت ورود و خروج شناورها برای پهلودهی و جداسازی شناورها در کنار اسکله ها می باشند و از سوی دیگر با توجه به افزایش سایز کشتی های تجاری به جهت بهره مندی هرچه بیشتر از مزیت صرفه جویی ناشی از مقیاس در صنعت حمل و نقل دریایی به نسبت سایر شیوه های حمل و نقل، لذا همواره فرایند ورود و خروج شناورها از دهانه ورودی بنادر به محل اسکله ها جهت پهلودهی شناورها و بالعکس با افزایش

ریسک عملیاتی به همراه بوده است. اهمیت این موضوع و رشد و توسعه تکنولوژی در سالیان اخیر سبب گشته تا با استفاده از بکارگیری هوش مصنوعی و تلفیق آن با سامانه های راداری موجود بر روی کشتی های تجاری ضمن کاهش ریسک عملیاتی تا حد ممکن خطای انسانی ناشی از فعالیت فرماندهان شناورها و یا پایلوت های بنادر در امر ورود و خروج و پهلودهی و جداسازی شناورها در بنادر را به حداقل برسانند. در این خصوص یکی از مواردی که امروزه روز مورد توجه مدیران بنادر و فعالان صنعت حمل و نقل دریایی در سراسر جهان قرار گرفته است مقوله بکارگیری هوش مصنوعی در طراحی و جانمایی بویه های مجازی با توجه به کریدور آبراه مختص به هر بندر می باشد [۳]. از اینرو طراحی و بومی سازی همچنین سامانه ای با استفاده از هوش مصنوعی می تواند نقش بسزائی در کاهش خطای انسانی و ارتقاء سطح ایمنی دریانوردی در بنادر تجاری ایران بالاخص در بندر امام خمینی بعنوان بزرگترین بندر تجاری کانونی غلات ایران با ظرفیت عملکرد سالانه بیش از ۲۰۰۰ عملیات ورود و خروج کشتی های تجاری از طریق کریدور آبراه خور موسی به طول تقریبی ۴۲ مایل دریائی، به همراه داشته باشد. لذا هدف از انجام این پژوهش نیز پرداختن به رویکردهای نوین در بکارگیری هوش مصنوعی در صنعت حمل و نقل دریایی کشور بالاخص در حوزه ایمنی در راستای کاهش سطح ریسک تصادم شناور در آبراهه های ورود و خروج بنادر می باشد، که در این میان با توجه به حجم عملیات سالانه تردد شناورها و برخورداری از طویل ترین کانال دسترسی طبیعی از محل لنگرگاه بیرونی تا محل اسکله ها به جهت پهلودهی شناورها، بندر امام خمینی هدف مطالعه این پژوهش قرار گرفته شده است.

## ۲- علائم و سامانه های کمک ناوبری

علائم کمک ناوبری و چراغ های دریایی، سیگنال و تجهیزات کمک کننده به دریانوردان هستند که به آن ها در تعیین و محاسبه موقعیت و مسیر امن دریانوردی و همچنین هشدار در خصوص خطرات و موانع دریایی، یاری می رسانند [۴]. این علائم به عنوان راهنمای آب های ایمن در نقاط مختلف طول سواحل و در آب های قابل کشتیرانی تعبیه می شوند. علائم کمک ناوبری و چراغ های دریایی، در اشکال مختلف ساخته شده و استفاده از

<sup>1</sup> Aton (Aid to Navigation)

<sup>2</sup> Buoy

<sup>3</sup> AIS (Automatic Identification System)

<sup>4</sup> ECDIS (Electronic Chart Display and Information System)

خوبی منعکس نموده و روی صفحه رادار به صورت یک نقطه نورانی مشاهده می شوند.

در این میان سیر تکاملی بویه‌های دریایی یک فرآیند پیچیده و متنوع است که به نیازهای مختلف بشر در زمینه‌های ناوبری، جزر و مد، مانیتورینگ و دیگر کاربردهای دریایی پاسخ داده است. در ادامه سیر تکاملی بویه‌ها و کاربرد آنها آورده شده است.

۱- بویه‌های ابتدایی: در دوران‌های باستان، انسان‌ها از مواد طبیعی مانند چوب یا سنگ برای ساخت شناورهای ساده استفاده می‌کردند که به عنوان نشانه‌های دریایی یا ابزارهای ناوبری در آب‌ها قرار می‌گرفتند. این بویه‌ها غالباً برای نشانه‌گذاری مسیرها یا خطرات دریایی استفاده می‌شدند.

۲- توسعه بویه‌های ساده (بویه‌های چوبی): با پیشرفت تکنولوژی، بویه‌های چوبی با ساختارهای ساده و شکل‌های خاص ساخته شدند که به امر شناور ماندن در سطح آب کمک می‌کردند. این بویه‌ها به تدریج رنگ آمیزی شدند تا در شرایط مختلف آب و هوایی توسط خدمه کشتی قابل مشاهده باشند.

۳- بویه‌های مدرن (فلزی و پلی اتیلن): با پیشرفت علم مواد، بویه‌ها از پلاستیک‌ها و فلزات سبک ساخته شدند که مقاومت بیشتری در برابر شرایط جوی دارند. بویه‌های مدرن مجهز به سیستم‌های الکترونیکی مانند جی پی اس، حسگرهای جزر و مد و سیستم‌های ارتباطی هستند که به مانیتورینگ دقیق‌تر و بهتر کمک می‌کنند.

۴- بویه‌های هوشمند: بویه‌های نسل جدید با استفاده از فناوری‌های پیشرفته‌تری مانند اینترنت اشیا<sup>۲</sup> و حسگرهای چندگانه به جمع‌آوری داده‌های محیطی و ارسال آن به مراکز کنترل کمک می‌کنند. این بویه‌ها می‌توانند در حوزه‌های مختلفی مانند ناوبری، پیش‌بینی آب و هوا، جریانات جزر و مدی، مدیریت منابع دریایی و نظارت بر کیفیت آب استفاده شوند.

#### ۱-۱-۲- رنگ بویه‌ها و مولفه‌های ترافیکی آنها

مشخصه‌های متفاوتی برای بویه‌هایی که در روز کاربرد دارند وجود دارد. یکی از مهمترین آنها رنگ بویه است که این رنگ‌ها در سیستم‌های مختلف بویه‌گذاری، تعبیر و معانی مختلفی در دریانوردی دارند. زمانی که شناور از دریا به طرف خشکی یا کانال در حال حرکت است، معانی

آن‌ها در موقعیت‌های گوناگون معانی خاصی را دارد و دریانوردان را قادر می‌سازد تا با شناسایی آن‌ها مسیر ایمن را در پیش گرفته و از خطرات احتمالی جلوگیری نمایند [۵]. علائم کمک ناوبری شامل شناورها، چراغ‌ها، بیکن‌ها، چراغ‌های رادیویی، سیگنال‌های مه، علائم و سایر وسایلی است که برای ارائه علائم روی آب استفاده می‌شوند. علائم کمک ناوبری و چراغ‌های دریایی شامل تمام نمادهای قابل مشاهده، شنیداری و الکترونیکی است که برای انجام یک فعالیت کشتیرانی ایمن ایجاد می‌شوند، که در ادامه ضمن آنکه به معرفی انواع علائم کمک ناوبری پرداخته می‌شود تلاش شده است تا ضمن توضیح شرایط حال حاضر ایمنی آبراهه‌های کشور و بنادر به ضرورت و لزوم بکارگیری هوش مصنوعی در جانمایی و استفاده از بویه‌های مجازی جهت تقویت ایمنی دریانوردی در کریدورهای ورودی و خروجی بنادر کشور پرداخته شده است.

در این میان با توجه به توسعه و رشد علم مهندسی و تلفیق آن با علم اقتصاد که منجر به تغییر سیاست‌گذاری شرکت‌های کشتیرانی بسوی تقاضای برای ساخت کشتی‌های تجاری با قابلیت تناژ حمل ناخالص<sup>۱</sup> بیشتر و در عین حال نیازمند به نیروی انسانی کمتر بوده است و از سوئی دیگر افزایش جمعیت جهانی موجب افزایش سفر کشتی‌های تجاری شده است و به تبع آن افزایش ترافیک ورودی و خروج بنادر تجاری را بدنبال داشته است، لذا ضروری است به جهت کاهش خطای انسانی و قریب رساندن آن به صفر در امر تردد دریانوردی در آبراهه‌های ورودی بنادر اقدام به بکارگیری هوش مصنوعی به جهت بهره‌مندی از امکانات آن اقدامات مربوطه صورت پذیرد [۶].

#### ۲-۱- انواع بویه‌ها و سیر تکاملی آنها

بویه‌های دریایی توسط لنگر در نقطه‌ای ثابت از دریا مهار شده‌اند و در شکل‌ها و رنگ‌های متمایزی وجود دارند که هر کدام از آن‌ها نشان‌دهنده هدف و نحوه حرکت در اطراف آن‌ها است. بویه‌های دریایی جدید مجهز به دستگاه‌هایی برای انعکاس امواج رادار می‌باشند. اینگونه بویه‌های دریایی امواج فرستاده شده از رادار را به

<sup>۲</sup> IOT (Internet of Things)

<sup>۱</sup> DWT (Deadweight tonnage)

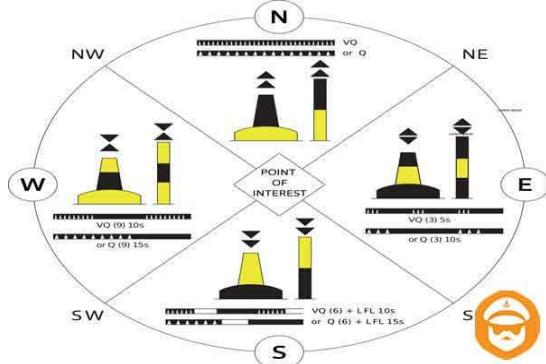
سمت جهت نامگذاری شده، دریانوردی کرد که در شکل شماره ۲ این موضوع نشان داده شده است [۱۰].

**علامت شمال:** دو مخروط سیاه با رأس به طرف بالا روی هم قرار می گیرند. قسمت بالایی و پایینی به ترتیب سیاه و زرد رنگ می باشد. به شکل برج با رنگ نور سفید با مشخصه نورانی به صورت تناوب چشمک زن خیلی سریع (۱۰۰ تا ۱۲۰ چشمک در دقیقه) یا سریع (۵۰ تا ۶۰ چشمک در دقیقه) است.

**علامت شرق:** دو مخروط سیاه به گونه ای قرار گرفتند که رأس یکی بطرف بالا و رأس دیگری بطرف پایین است، یعنی قاعده ها به سمت یک دیگرند. به شکل تیرک یا برج و رنگ بدنه سیاه با یک نوار زرد پهن در وسط، با رنگ نور سفید با ریتم فلاش یا مشخصه نورانی تناوب چشمک زن خیلی سریع (۳ چشمک در هر ۵ ثانیه) یا چشمک زن سریع (۳ چشمک در هر ۱۰ ثانیه) است.

**علامت جنوب:** دو مخروط سیاه به شکلی که رأس هر دو به طرف پایین است روی هم قرار گرفته اند و به شکل برج یا تیرک بوده که قسمت پایین و بالای آن به ترتیب سیاه رنگ و زرد رنگ می باشد. مشخصه علامت جنوب با رنگ نور سفید و با تناوب چشمک زن خیلی سریع (۶ چشمک خیلی سریع و ۱ چشمک بلند در هر ۱۰ ثانیه) و یا چشمک زن سریع (۶ چشمک سریع و ۱ چشمک بلند در هر ۱۵ ثانیه) شناخته می شود.

**علامت غرب:** دو مخروط سیاه به گونه ای قرار گرفته اند که رأس آن ها بطرف یکدیگر می باشد و به شکل برج یا تیرک هستند و رنگ بدنه به رنگ زرد با یک نوار پهن سیاه در وسط می باشد. رنگ نور علامت غرب سفید با ریتم یا تناوب چشمک زن خیلی سریع (۹ چشمک خیلی سریع در ۱۰ ثانیه) و یا چشمک زن سریع (۹ چشمک سریع در هر ۱۵ ثانیه) است.



شکل ۲. آشنائی با علائم کاردینال بویه ها [۱۰]

رنگ آنها ها برای شناخت بویه ها حائز اهمیت بوده که به شرح ذیل می باشد [۷، ۸].

بویه های قرمز رنگ برای نشان دادن محدوده سمت چپ کانال است و در بعضی از مناطق نشان دهنده خطرناک بودن آن ناحیه بوده و دریانوردان هنگام ورود به کانال باید آن را در سمت چپ شناور خود مشاهده کنند. بویه های سبز رنگ برای نشان دادن محدوده سمت راست کانال است و دریانوردان هنگام ورود به کانال یا بندر باید آن را در سمت راست شناور خود مشاهده کنند [۷، ۸].

## ۲-۱-۲- علائم شماره و حرف بر روی بویه ها و مولفه های ترافیکی آنها

اغلب بویه ها دارای مشخصه خاصی هستند که ممکن است به صورت رنگ، شماره، حرف و یا ترکیبی از هر دو باشند. که در شکل شماره ۱ یک نمونه از آن نمایش داده شده است. در ادامه به چند ویژگی و معنی شماره ها یا حروف روی بویه ها اشاره شده است [۹].

- ۱- شماره بویه ها از دهانه ورودی کانال به طرف داخل کانال افزایش می یابد.
- ۲- شماره های فرد معمولاً روی بویه های سمت چپ کانال نوشته می شود.
- ۳- شماره های زوج معمولاً روی بویه های سمت راست کانال نوشته می شود.



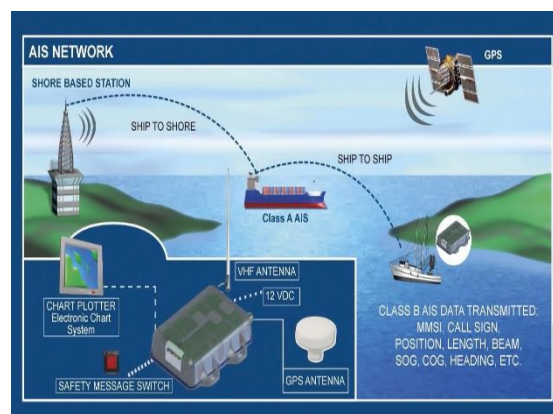
شکل ۱. تصویر بویه ها به همراه چراغ دریایی [۹]

## ۲-۱-۲- علائم کاردینال بویه ها

سیستم بویه گذاری کاردینال همانند قطب نما نشان دهنده چهار جهت اصلی یعنی شمال، جنوب، شرق و غرب می باشد و دریانوردان را به طرف آب های امن هدایت می کند. در صورت مشاهده علائم کاردینال باید به

## ۲-۲- سیستم شناسایی خودکار یا AIS<sup>۱</sup>

سیستم شناسایی خودکار یک فناوری است که برای شناسایی و ردیابی کشتی‌ها و دیگر وسایل نقلیه دریایی استفاده می‌شود. این سیستم به ویژه در بهبود ایمنی دریانوردی و مدیریت ترافیک دریایی بسیار مؤثر است [۱۱]. یکی از مواردی که در کنوانسیون سولاس<sup>۲</sup> به منظور ایمنی جان انسان در دریا، ایمنی ناوبری و حفظ محیط زیست دریایی برای آن تأکید گردیده است، تجهیز شناورهای دریایی به سیستم شناسایی اتوماتیک یا همان AIS است. وظیفه اصلی این سیستم تبادل اطلاعات میان یگان‌های شناور با یکدیگر و با ساحل می‌باشد که در شکل شماره ۳ این موضوع نشان داده شده است.



شکل ۳. نمایش نحوه عملکرد سیستم AIS [۱۱]

از مزایای نصب این سیستم می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- سهولت بیشتر در شناسایی یگان‌ها
- سهولت در رهگیری شناورهای سطحی
- مبادله اطلاعات ضروری میان کشتی‌ها بدون دخالت انسان و به صورت خودکار
- کاهش ترافیک بر روی مدارهای VHF
- افزایش اطلاعات فرمانده و افسران نگهبان پل فرماندهی از وضعیت پیرامونی خود

این سیستم مشتمل بر یک فرستنده VHF، دو گیرنده VHF TDMA، یک گیرنده VHF DSC، سیستم‌های استاندارد ارتباطات مخابرات الکترونیکی دریایی و سایر سنسورها است. موقعیت و اطلاعات زمانی عموماً توسط یک گیرنده GPS/GNSS به سیستم اعمال می‌گردد و

دیگر اطلاعاتی که توسط سیستم AIS پخش می‌گردد به صورت الکترونیکی از دیگر تجهیزات موجود بر روی کشتی و از طریق سیستم‌های ارتباطی استاندارد موجود دریافت می‌گردد. اطلاعات هدینگ، مسیر و سرعت نسبت به کف عموماً در تمام کشتی‌های مجهز به سیستم AIS وجود دارد. اطلاعات دیگری نظیر زوایای رول، پیچ و هیل، سرعت چرخش، مقصد و زمان تقریبی ورود شناور<sup>۳</sup> نیز باید به سیستم تغذیه گردد. در واقع این سیستم اطلاعاتی مانند موقعیت جغرافیایی (طول و عرض جغرافیایی)، سرعت، جهت حرکت، نام کشتی، نوع کشتی و سایر اطلاعات مربوط به وضعیت کشتی را به صورت خودکار به دیگر کشتی‌ها و ایستگاه‌های ساحلی ارسال می‌کند [۱۲]. هر کشتی مجهز به یک ترمینال AIS است که شامل یک گیرنده GPS، فرستنده و گیرنده رادیویی است. این ترمینال اطلاعات را از GPS دریافت کرده و آن را به دیگر کشتی‌ها و ایستگاه‌های ساحلی ارسال می‌کند. همچنین برای ارسال و دریافت سیگنال‌ها، کشتی‌ها به آنتن‌های مخصوص AIS مجهز هستند.

برد این سیستم مشابه دیگر تجهیزات که در باند فرکانسی VHF کار می‌کنند می‌باشد و ذاتاً بستگی به ارتفاع آنتن دارد. لذا با توجه به آنچه ذکر شد برد این دستگاه بین ۳۰ الی ۴۰ مایل می‌باشد که با بهره‌گیری از ایستگاه‌های تکرار کننده می‌توان این برد را افزایش نیز داد [۱۲، ۱۳]. در واقع سیستم شناسایی خودکار، یک سیستم فرستنده - گیرنده کشتی است که یک شناسه، موقعیت و سایر اطلاعات حیاتی شناور را که می‌تواند برای کمک به ناوبری، بهبود امنیت دریایی و ردیابی کشتی‌ها برای مدیریت ناوگان یا اجرای قانون دریایی استفاده کند را انتقال می‌دهد. اکثر AIS‌ها متشکل از انواع مختلفی از دستگاه‌هایی هستند که همه با استفاده از پروتکل‌های AIS و پایبندی به استانداردهای عملکرد بین‌المللی تعامل دارند. سیگنال‌های AIS محدوده افقی حدود ۴۰ مایل دریایی را پوشش می‌دهند، به این معنی که اطلاعات ترافیک AIS فقط در مناطق ساحلی یا در ناحیه کشتی به کشتی در دسترس است. داده‌های اضافه‌ارایه شده توسط AIS می‌تواند به رادار و سیستم‌های رسم نمودار اضافه شوند، تلفیق این سیستم‌ها برای شرایط بحرانی بسیار مؤثر است. این سیستم مبتنی بر فضا به

<sup>۱</sup> AIS (Automatic Identification System)

<sup>۲</sup> SOLAS (Safety of Life at Sea)

<sup>۳</sup>ETA (Estimated arrival time)

استانداردهای سازمان جهانی هیدروگرافی<sup>۶</sup> در آن نگهداری می‌شود [۱۵].

۲- سخت افزار که شامل رایانه، نمایشگر و غیره می شود  
 ۳- نرم افزار به جهت قرائت نقشه‌ها و نمایش آنها روی صفحه نمایشگر

#### ۲-۲-۳- نحوه کمک رسانی ECDIS به ارتقاء سطح ایمنی دریانوردی

اکدیس از نقشه‌های الکترونیکی استاندارد (مانند S-57 و S-100) استفاده می‌کند. این نقشه‌ها اطلاعات دقیق و به روز درباره عمق آب، موانع، سواحل و سایر ویژگی‌های دریایی را فراهم می‌کنند. این سیستم با استفاده از فناوری‌های موقعیت‌یابی مانند GPS، موقعیت کشتی را به طور دقیق نشان می‌دهد و امکان ردیابی حرکت کشتی را فراهم می‌کند. اکدیس با بهره‌گیری از یک سیستم موقعیت یاب لحظه‌ای نظیر GPS قادر به بهبود دقت موقعیت‌یابی کشتی به صورت پیوسته و در شرایط جوی مختلف است.

این عمل شناورها را قادر می‌سازد تا در صورت احتمال بروز تصادم با کف، مسیر خود را تغییر دهند. اکدیس به ناوبران این امکان را می‌دهد که مسیرهای دریایی را برنامه‌ریزی و تجزیه و تحلیل کنند و بهترین و ایمن‌ترین مسیرها را انتخاب کنند. این سیستم یک ابزار ناوبری قوی برای دستیابی به اطلاعات لحظه‌ای در خصوص موقعیت دقیق شناور بوده و با توجه به این که به صورت ۲۴ ساعته دز طول شبانه روز و در تمامی شرایط جوی قابل بهره‌برداری است به دریانوردان قابلیت اطمینان خوبی را خصوصاً هنگام دریانوردی در آب‌های کم عمق می‌دهد [۱۶].

بهره‌گیری از سیستم اخطار ناوبری ENC همراه با ECDIS باعث جلوگیری از برخورد شناورها با کف دریا یا با دیگر شناورها شده و ایمنی لازم را برای دریانوردان و محیط دریانوردی فراهم می‌آورد. این سیستم قادر است هشدارهایی را در مورد خطرات نزدیک، تغییرات در شرایط جوی و دیگر اطلاعات بحرانی به ناوبران ارائه دهد.

#### ۴- عملیات پهلودهی و جداسازی شناورها

واسطه ماهواره های مخابراتی امکان ردیابی کشتی های دریایی را در خارج از مناطق ساحلی که مجهز به دستگاه های ردیابی AIS هستند را امکان پذیر می سازد که این امر یک راه حل امیدوار کننده برای غلبه بر محدودیت های پوشش زمینی است، که امکان ارایه خدمات AIS را برای هر منطقه خاص روی زمین فراهم می کند.

#### ۲-۳- بکارگیری سیستم نقشه های الکترونیکی یا ECDIS<sup>۱</sup> در ایمنی آبراه

اکدیس به معنی سیستم اطلاعات و نمایشگر نقشه الکترونیک است. سیستم نقشه‌های الکترونیکی کشتی، یک ابزار ناوبری پیشرفته است که به‌ویژه در صنایع دریایی و حمل و نقل دریایی استفاده می‌شود. این سیستم به ناوبران کمک می‌کند تا با استفاده از نقشه‌های الکترونیکی، اطلاعات دقیقی درباره محیط دریایی و وضعیت کشتی داشته باشند [۱۴].

در واقع اکدیس یک سیستم اطلاعات ناوبری است که اگر به حسگرهایی نظیر سیستم موقعیت یاب جهانی<sup>۲</sup> و جایرو<sup>۳</sup> متصل شود، قابلیت نمایش موقعیت لحظه‌ای کشتی و اعلام اخطار ضد تصادم با کف را دارد. همچنین اگر این سیستم به یک رادار آریا متصل شود، قادر به اعلام اخطار ضد تصادم با دیگر شناورها نیز است. سیستم اکدیس توسط سازمان جهانی دریانوردی<sup>۴</sup> به عنوان جایگزین نقشه‌های کاغذی مورد قبول واقع شده و کشتی‌های مجهز به این سیستم دیگر نیازی به نقشه‌های کاغذی ندارند. تمام کشتی‌هایی که از این سیستم بهره‌برداری نمی‌کنند، براساس قوانین کنوانسیون سولاس ملزم به همراه داشتن نقشه‌های کاغذی مربوط به سفر خود هستند.

#### ۱-۲-۳- بخش‌های تشکیل دهنده ECDIS

این سیستم متشکل از سه بخش اصلی است:

۱- داده‌های نقشه الکترونیکی رسمی که اصطلاحاً نقشه ناوبری الکترونیک<sup>۵</sup> خوانده می‌شود. نقشه ناوبری الکترونیک در حقیقت یک بانک اطلاعاتی است، بانکی که اطلاعات تمامی نقشه‌ها بر اساس مشخصات و

<sup>۱</sup> Electronic Chart Display and Information System

<sup>۲</sup> GPS (global position system)

<sup>۳</sup> Gyroscope

<sup>۴</sup> IMO (International Maritime Organization)

<sup>۵</sup> ENC (Electronic Navigation Chart)

<sup>۶</sup> IHO (International Hydrographic Organization)

همزمان با احداث راه آهن سراسری کشور در سال ۱۳۰۷ هجری شمسی، ۲ پست اسکله چوبی در شمال غربی خلیج فارس و در انتهای آبراه خورموسی (با موقعیت جغرافیایی ۳۰ درجه و ۲۵ دقیقه شمالی و ۴۹ درجه و ۵ دقیقه شرقی) ساخته شد. پس از چندی به بندر شاپور موسوم گشت و سه سال بعد به مهم‌ترین مرکز ورود و خروج کالا تبدیل شد. در سال ۱۳۵۲ محل سکونت اهالی این نقطه، از کنار اسکله‌ها به شهر بندر امام خمینی انتقال یافت و زمینه برای توسعه هرچه بیشتر بندر مهیا گردید؛ پس از پیروزی انقلاب، این بندر به بندر امام خمینی تغییر نام یافت و در سال ۱۳۶۱ با تصویب هیات وزیران رسماً بندر امام خمینی نام گرفت و شروعی نو را پایه نهاد. بندر امام خمینی حرکت به سوی تحول را از همان دو اسکله چوبی آغاز نمود و امروز با انجام بیش از ۱۵٪ از کل تجارت دریایی کشور، نوید توسعه‌ای پایدار را برای منطقه از طریق صنعت حمل و نقل می‌دهد. بندر امام خمینی در اوایل دهه از آغاز فعالیتش، اکنون به عنوان یکی از مهم‌ترین قطب‌های حمل و نقل منطقه‌ای به ایفای نقش می‌پردازد. این بندر در سال ۱۳۹۰ پس از تغییر رژیم حقوقی خود از یک بندر عادی به منطقه ویژه اقتصادی و الحاق اراضی مجاور، هم اکنون با بالغ بر ۱۱ هزار هکتار مساحت، بزرگ‌ترین منطقه ویژه اقتصادی کشور را تشکیل می‌دهد [۱۸].

#### ۶- حجم ترافیک تردد شناورها در آبراه خور موسی

آبراه خور موسی در منتهی‌الیه شمال غربی حوضه رسوبی خلیج فارس، وسیع‌ترین و طولانی‌ترین پیشروی دریا به درون خشکی در تمام محدوده سواحل کشور در حال حاضر به حساب می‌آید. این ناحیه شامل مجموعه پیچیده‌ای از محیط‌های دریایی، حد واسط و گاه خشکی است که رسوب‌گذاری در آن متأثر از فرایندهای رودخانه‌ای، بادی، جزر و مدی و بیولوژیکی است. منطقه مورد نظر در رأس شمال غربی خلیج فارس و حاشیه جنوبی استان خوزستان حد فاصل دلتای اروند رود در غرب، رودخانه زهره در شرق و بندر امام خمینی در شمال واقع شده است. آبراه خور موسی یک شاخه مثلثی شکل است که در منتهی‌الیه شمال غربی خلیج فارس قرار دارد. راس این مثلث درست در گوشه شمالی است و قاعده آن بر عرض ۳۰ درجه شمالی منطبق می‌شود. این آبراه تنها مسیری است که بندر امام خمینی را به دریای آزاد خلیج

در بندر بزرگ دنیا بویژه آندسته از بنادر که دارای کریدور یا آبراه ورودی و خروجی می‌باشند مکان‌هایی در درون این آبراه‌ها تحت عنوان لنگرگاه بیرونی تعریف شده است. کشتی‌ها پس از رسیدن به این لنگرگاه‌ها می‌بایست طبق قوانین کشور ساحلی مربوطه هدایت و فرماندهی کشتی خود را به یک افسر ناوبر که از آن بندر به عرشه کشتی ملحق می‌شود بسپارد. به این افسران که مسئولیت فرماندهی شناور از لنگرگاه بیرونی تا هنگام پهلوگیری شناور به اسکله‌های بندر را بر عهده دارند پایلوت<sup>۱</sup> یا فرمانده و به این عملیات اصطلاحاً عملیات پایلوتیج<sup>۲</sup> اطلاق می‌شود. پایلوت‌ها افرادی هستند که به طول مسیر کانال و مخاطرات آن و جانمایی تک تک بویه‌ها در طول مسیر اشراف و آگاهی کامل دارند و به نوعی نقش فرماندهان محلی را دارند. لذا با توجه به آنکه به جهت گسترش تجارت جهانی و به طبع آن شاهد افزایش تردد کشتی‌ها و همچنین افزایش ساز آنها به جهت بهره‌گیری از صرفه‌جویی ناشی از مقیاس هستیم، لذا ترافیک بندر و ریسک مخاطرات دریایی در آبراه‌های ورودی بندر همواره رو به افزایش است. از اینرو بندر در سرتاسر دنیا اقدام به جذب و آموزش افسران دریایی بصورت انحصاری و تخصصی جهت فعالیت در بندر خود می‌نمایند تا به جهت اشرافیت کامل آنها به مسیر ورود و خروج بندر، ریسک عملیات فرماندهی و پایلوتیج به حداقل ممکن برسد. اما همانطور که هر ساله شاهد آن هستیم علی‌رغم در نظر گرفتن تمامی این تمهیدات و تربیت نیروی انسانی متخصص در سرتاسر دنیا تحت یک استاندارد آموزشی متحد الشكل تحت عنوان کنوانسیون بین‌المللی استانداردهای آموزش، گواهینامه و نگهبانی دریانوردی<sup>۳</sup>، اما باز هم شاهد تصادم‌ها و سوانح دریایی چه در دریاهای آزاد توسط فرماندهان کشتی‌ها و چه در کریدورهای ورود-خروج بندر توسط پایلوت‌ها می‌باشیم که در تمامی این موارد خطای انسانی<sup>۴</sup> با سهمی بیش از ۹۰٪ در میان سایر عوامل، پر رنگ‌ترین نقش را در بروز این سوانح یاد شده همواره داشته است [۱۷].

#### ۵- آشنائی با بندر تجاری امام خمینی

<sup>۱</sup> Pilot

<sup>۲</sup> Pilotage operation

<sup>۳</sup> STCW (Standards of Training, Certification and Watchkeeping)

<sup>۴</sup> Human Error

این مسیر را در پی دارد. در شکل شماره ۴ مسیر آبراه طبیعی خور موسی و محل قرارگیری بویه ها و مسیر تردد ایمن برای کشتی های ورودی و خروجی از/ به بندر امام خمینی به نمایش گذاشته شده است.



شکل ۴. موقعیت جغرافیائی و نمایش بویه های فیزیکی موجود در مسیر آبراه خور موسی [۲۰]  
در جدول شماره ۱ آمار سوانح دریایی ۵ سال اخیر حادث شده در طول کانال خور موسی با ذکر محل دقیق کروکی سانحه حسب شماره بویه آن نشان داده شده است.

جدول ۱. آمار سوانح بویه های مستقر در کریدور خور موسی بندر امام خمینی [۲۰]

ردیف	نام بویه	تاریخ سانحه	علت سانحه	محل سانحه
۱	بویه D6	۱۳۹۲/۱۱/۰۶	شکستگی دکل	بویه D6
۲	بویه ۲۱	۱۴۰۰/۰۳/۰۲	شکستگی دکل	بویه ۲۱
۳	بویه C3	۱۴۰۰/۰۲/۱۸	شکستگی دکل	بویه C3
۴	بویه A32	۱۴۰۰/۰۲/۱۲	شکستگی دکل	بویه A32
۵	بویه D4	۱۴۰۰/۰۵/۱۸	شکستگی دکل	بویه D4
۶	بویه ۱۷	۱۴۰۰/۰۴/۰۲	شکستگی دکل	بویه ۱۷
۷	بویه C1	۱۴۰۰/۰۵/۱۸	شکستگی دکل	بویه C1
۸	بویه گردوان	۱۴۰۰/۰۶/۱۲	شکستگی دکل	بویه گردوان
۹	بویه D8	۱۴۰۰/۰۶/۱۲	شکستگی دکل	بویه D8
۱۰	بویه ناوجه	۱۴۰۰/۰۶/۱۲	شکستگی دکل	بویه ناوجه
۱۱	بویه D2	۱۴۰۰/۰۶/۱۱	مفقود شده	بویه D2
۱۲	بویه A1	۱۴۰۰/۰۷/۲۳	شکستگی دکل	بویه A1
۱۵	بویه اسکپ مونت	۱۴۰۰/۱۰/۱۸	شکستگی دکل	بویه اسکپ مونت
۱۶	بویه ۷	۱۴۰۰/۱۰/۱۸	شکستگی دکل	بویه ۷
۱۷	بویه ۵۰	۱۴۰۰/۱۱/۰۳	شکستگی دکل	بویه ۵۰
۱۸	بویه ۲۳	۱۴۰۰/۱۱/۰۴	شکستگی دکل	بویه ۲۳
۱۹	بویه ۸	۱۴۰۰/۱۱/۰۵	شکستگی دکل	بویه ۸
۲۰	بویه ۱۲	۱۴۰۰/۰۷/۰۲	شکستگی دکل	بویه ۱۲
۲۱	بویه ۱۴	۱۴۰۰/۰۵/۱۹	شکستگی دکل	بویه ۱۴
۲۲	بویه ۶	۱۴۰۰/۰۷/۲۶	شکستگی دکل	بویه ۶
۲۳	بویه A32	۱۴۰۰/۰۹/۰۵	شکستگی دکل	بویه A32
۲۴	بویه A37	۱۴۰۰/۰۳/۰۷	شکستگی دکل	بویه A37
۲۵	بویه D6	۱۴۰۲/۰۵/۰۵	شکستگی دکل	بویه D6
۲۶	بویه B46	۱۴۰۲/۰۵/۰۹	شکستگی دکل	بویه B46
۲۷	بویه ۲	۱۴۰۲/۱۱/۱۰	مفقود شده	بویه ۲
۲۸	بویه پاتوشن	۱۴۰۲/۰۸/۰۷	مفقود شده	بویه پاتوشن
۲۹	بویه A1	۱۴۰۲/۰۸/۲۹	شکستگی دکل	بویه A1
۳۰	بویه D2	۱۴۰۲/۰۸/۱۴	شکستگی دکل	بویه D2

۷- بکارگیری هوش مصنوعی در بویه گذاری مجازی

فارس وصل می نماید. عمق آبراه خور موسی بین ۱۳ تا ۵۰ متر است که در برخی از نقاط به ۷۳ متر نیز می رسد. وجود چنین عمقی باعث شده است تا کشتی های با ظرفیت ۷۵ هزار تنی نیز بتوانند به سهولت در این ابراه رفت و آمد نمایند. سالیانه بیش از ۱۸۰۰ فروند کشتی اقیانوس پیما جهت صادرات، واردات و یا ترانزیت به این بندر تردد می نمایند. عمیق ترین نقطه این خور در راستای خطی است که از راس به قاعده شکل مثلث کشیده می شود. زمین های اطراف این خور گلزار می باشند و ارتفاع آنها از سطح دریا حدوداً ۲ تا ۴ متر می باشد. حداقل عرض خور موسی ۳۰۰ متر و پهنای دهانه آن بین ۳۷ تا ۴۰ کیلومتر است و طول خطی آن از دهانه تا بندر امام خمینی ۹۰ کیلومتر می باشد [۱۸، ۱۹]. در طول این کانال به طول تقریبی ۴۲ مایل بیش از ۶۳ بویه و بیکن نوری نصب شده است که به واسطه جانمایی و استقرار این تجهیزات نقاط پر خطر و مسیر تردد ایمن را برای کشتی های ورودی و خروجی به بندر مشخص نموده اند. استقرار این بویه ها سبب می شود تا از بروز سوانح دریایی از قبیل تصادم شناورهای ورودی، به گل نشستن شناورها و سایر سوانح مرتبط به نحو موثری جلوگیری نمایند. علیرغم اهمیت بسیار زیاد بندر امام خمینی در زمینه مبادلات کالا و ترانزیت، وجود یک کانال باریک و پر پیچ و خم خور موسی به عنوان تنها راه ارتباطی، دسترسی شناورها را به این بندر با مشکلاتی مواجه می سازد. این موانع و مشکلات عملیاتی عبارتند:

- ۱- عرض کم آبراه و وجود نقاط کم عمق در مسیر
  - ۲- پیچ های خطرناک در مسیر و وجود جریانات جزر و مدی بسیار شدید (تا ۵ گره دریایی)
  - ۳- بروز مه غلیظ و شرایط نامساعد جوی در برخی از فصول سال
  - ۴- تراکم تردد عبور و مرور کشتی های تجاری بالاخص کالاهای خطرناک
- علاوه بر موارد فوق الذکر با توجه به هم جواری بندر امام خمینی با بندر صنایع پتروشیمی و هم چنین بندر صادراتی مجیدیه که حجم بسیار عظیمی از محصولات تولیدی صنایع پتروشیمی همجوار و محصولات و مشتقات نفتی کشور از این بنادر و از کریدور دسترسی مشترک کانال خور موسی می گذرد باعث بالا بودن سطح ریسک ناشی از تردد بسیار بالای شناورهای ورودی و خروجی در

ایجاد امنیت در مسیرهای دریایی و ارتقاء کیفیت خدمات دریانوردی محسوب شوند [۲۱، ۲۲].

#### ۸- مزایای حاصل از بکارگیری هوش مصنوعی و تلفیق آن با بویه گذاری مجازی

هوش مصنوعی در بویه ها می تواند به طور گسترده ای در زمینه های مختلفی مورد استفاده قرار گیرد. بویه ها معمولاً برای نظارت بر شرایط آب و هوایی، جریان های دریایی، کیفیت آب و دیگر پارامترهای محیطی استفاده می شوند [۲۳]. به واسطه تلفیق هوش مصنوعی با مکانیسم بویه های مجازی می توان کارایی و دقت آن ها را افزایش داد. در زیر چند کاربرد مورد انتظار حاصل از بکارگیری مدل های مختلف هوش مصنوعی در بویه های مجازی آورده شده است. شایان ذکر است انتخاب مدل هوش مصنوعی مد نظر وابسته به این است که اگر داده های ورودی به صورت تصاویر یا نقشه های دوبعدی باشند مانند نقشه های رادار یا تصاویر ماهواره ای از ترافیک دریایی و یا آنکه اگر داده ها دارای جنبه زمانی باشند مانند مسیر حرکت کشتی ها در طول زمان یا پیش بینی آب و هوا، آنگاه انتخاب مدل متفاوت خواهد بود.

۱- سیستم های ناوبری هوشمند: استفاده از الگوریتم های هوش مصنوعی برای تجزیه و تحلیل داده های دریایی، نقشه های دریایی و شرایط جوی به منظور بهینه سازی مسیر حرکت کشتی ها می تواند بسیار موثر باشد [۲۳].

۲- شبیه سازی و پیش بینی ترافیک دریایی: هوش مصنوعی می تواند به شبیه سازی شرایط ترافیک شناورها در بنادر و پیش بینی ترافیک کشتی ها در سری های مختلف زمانی سال کمک کند، که این امر می تواند منجر به بهبود برنامه ریزی و کاهش زمان انتظار کشتی ها شود [۲۴].

۳- سیستم های کنترل خودکار: با استفاده از تکنیک های یادگیری ماشین، می توان سیستم های کنترل خودکار برای هدایت کشتی ها در بنادر ایجاد کرد که می توانند به طور خودکار و با دقت بالا، کشتی ها را به محل لنگر انداختن هدایت کنند.

۴- تشخیص و شناسایی موانع: توان با استفاده از سنسورهای مختلف برای شناسایی موانع در مسیر تردد کشتی ها و ارائه هشدار به سیستم ناوبری هوشمند بر روی شناور به منظور جلوگیری از تصادم های دریایی اقدامات موثری انجام داد. گاهی حتی می توان نسبت به تغییر

نحوه بکارگیری بویه های مجازی<sup>۱</sup> در تأمین امنیت دریانوردی یکی از مباحث نوین و حیاتی در حوزه مدیریت دریایی و حفاظت از محیط زیست دریاها محسوب می شود. بویه های مجازی ابزارهای دیجیتالی هستند که به کمک فناوری های نوین مانند اینترنت اشیا و حسگرهای هوشمند، قابلیت نظارت و کنترل وضعیت دریاها و سواحل را فراهم می کنند.

این بویه ها می توانند به طور خودکار اطلاعاتی نظیر وضعیت محیطی و ترافیک دریایی را جمع آوری و به سیستم های اطلاعاتی انتقال دهند، که این امر می تواند به ایمنی و امنیت دریانوردی کمک شایانی کند. استفاده از بویه های مجازی به کارشناسان دریایی اجازه می دهد تا نظارت بهتری بر روی وضعیت محیط زیست و شرایط دریایی داشته باشند. سیستم های هشدار دهی که مبتنی بر اطلاعات دریافتی از بویه ها عمل می کنند، می توانند به سرعت به کشتی ها و به طور کلی ناوبران این اطلاعات را منتقل کنند. به این ترتیب، ناوبری در شرایط جوی نامساعد، زمان هایی که ترافیک دریایی زیاد است و یا در مواقعی که خطراتی مانند طوفان یا آلودگی وجود دارد، بهبود می یابد. بویه های مجازی همچنین امکان یکپارچه سازی داده ها را فراهم می آورند. با تجزیه و تحلیل داده های دریافتی از چندین بویه، می توان الگوهای خطر و فعالیت های مشکوک را شناسایی کرد [۲۱]. این الگوها می توانند با بکارگیری هوش مصنوعی به سرعت و به راحتی در سیستم های مدیریتی تحلیل شده و پاسخ های مناسب به منظور کاهش ریسک حوادث دریایی ارائه گردند. علاوه بر این، این بویه ها می توانند در ارتقاء سطح همکاری بین کشورهای مختلف در زمینه دریانوردی و حفظ امنیت دریایی بویژه آندسته از کشورهایی که دارای مرز دریایی مشترک با فاصله کم می باشند اثرگذار باشند بعنوان مثال کانال اروند رود که دارای مرز دریایی مشترک فی مابین ایران و عراق است.

در مجموع، تلفیق بکارگیری بویه های مجازی با پیاده سازی هوش مصنوعی به عنوان ابزارهای مدیریت هوشمند دریایی، یک گام مهم در راستای ارتقاء ایمنی، کاهش حوادث دریایی و بهبود مدیریت منابع دریایی می باشد. این تکنولوژی ها می توانند به عنوان یک راهکار نوین برای

<sup>۱</sup> Virtual Buoys

تجاری و حتی صیادی در برنامه ریزی سفرهای خود جهت ورود یا خروج از/به بنادر کمک شایانی نماید.

۱۱- تشخیص الگوها و انحرافات: هوش مصنوعی قادر است الگوهای حرکت غیرمعمول در مسیر از قبل بهینه سازی و ترسیم شده را شناسایی کند، که این امر می تواند نشان دهنده تغییرات ناگهانی از سوی فرمانده کشتی ها یا تغییرات زیست محیطی در محیط پیرامون یا بیانگر بروز سایر مشکلات باشد [۲۸].

## ۹- مدل های هوش مصنوعی قابل بکارگیری

برای پیاده سازی بویه های مجازی در تأمین ایمنی دریانوردی، می توان از مدل های هوش مصنوعی مختلفی استفاده کرد. انتخاب مدل به عوامل متعددی بستگی دارد، از جمله نوع داده های موجود و یا آنکه آیا داده های مربوط به حرکت کشتی ها، شرایط آب و هوایی، عمق آب، و موانع دریایی در دسترس هستند یا خیر، و یا آنکه آیا بویه های مجازی فقط برای هشدار ساده هستند یا باید مسیرهای بهینه را نیز پیشنهاد دهند.

پارامتر دیگر منابع محاسباتی هستند، به گونه ای که آیا منابع کافی برای آموزش و استقرار مدل های پیچیده مانند شبکه های عصبی عمیق وجود دارد یا خیر.

از اینرو در ادامه به چند مدل هوش مصنوعی اشاره می شود که می توانند در این زمینه مفید باشند.

### ۹-۱- یادگیری تقویتی<sup>۲</sup>

کاربرد این مدل برای تصمیم گیری در محیط های پویا و نامشخص بسیار مناسب است. می توان از آن برای آموزش یک عامل استفاده کرد که با توجه به وضعیت فعلی (موقعیت کشتی ها، بویه ها، موانع و غیره)، بهترین اقدامات را برای حفظ ایمنی (مانند تغییر موقعیت بویه ها یا هشدار به کشتی ها) انجام دهد [۲۴، ۲۷].

بعنوان مثال عامل می تواند یاد بگیرد که چگونه با جابجایی بویه های مجازی، از برخورد کشتی ها جلوگیری کند یا آن ها را به سمت مسیرهای ایمن تر هدایت کند.

از مجموعه مدل های خاص این گروه می توان به Q-learning, SARSA, Deep Q-Networks (DQN), Proximal Policy Optimization (PPO) اشاره داشت.

### ۹-۲- مدل شبکه های عصبی کانولوشنال<sup>۳</sup>

مسیر شناور حسب مسیر ایمن تر تشخیص داده شده به واسطه تحلیل اطلاعات مسیر بوسیله هوش مصنوعی طراحی شده بکار گرفت [۲۴، ۲۵].

۵- تحلیل داده های بزرگ: با جمع آوری و تحلیل داده های بزرگ بصورت سری های زمانی طولانی از تردد کشتی ها، بنادر و شرایط محیطی، هوش مصنوعی می تواند الگوهای بهینه سازی را شناسایی کند و به تصمیم گیری بهتر آن کمک کند و یا آنکه اقدام به تصحیح الگوها و ساختارهای پیشین خود نیز نماید و در واقع به نوعی سیستم خود ترمیمی یا ارتقاء درونی در آن را شاهد باشیم.

۶- پیش بینی و مدیریت شرایط اضطراری: هوش مصنوعی می تواند در پیش بینی شرایط اضطراری و ارائه راهکارهای مناسب برای مدیریت بحران ها در بنادر قبل از وقوع آنها بسیار موثر و کارگذار باشد.

۷- تحلیل داده های جمع آوری شده: هوش مصنوعی می تواند به تجزیه و تحلیل داده هایی که از بویه ها جمع آوری می شود کمک نماید که این موارد شامل داده های مربوط به دما، شوری، عمق و جریان های جزر و مد دریایی است.

۸- نظارت بر آلودگی: هوش مصنوعی می تواند به شناسایی الگوهای آلودگی در آب کمک کند و بدین وسیله به مقامات محیط زیست در مدیریت و بهبود کیفیت آب یاری رساند. لذا این موضوع می تواند به نظارت بهتر و بیشتر بنادر و کشتی ها در خصوص پیاده سازی الزامات کنواسیون مارپل<sup>۱</sup> و سولاس در این خصوص کمک شایانی نماید [۲۶].

۹- بهینه سازی موقعیت بویه ها: با توجه به شکل جغرافیائی متفاوت مسیر آبراهه ای ورودی بنادر در سراسر دنیا لذا با استفاده از جمع آوری سری داده های زمانی و الگوریتم های بهینه سازی، می توان حسب جغرافیای خاص هر بندر موقعیت های مناسب تری برای نصب بویه ها پیشنهاد داد تا اطلاعات بهتر و اختصاصی تر متناسب با هر بندر بومی سازی و اطلاعات آن در این خصوص جمع آوری شود [۲۷].

۱۰- پیش بینی شرایط جوی و دریایی: با استفاده از الگوریتم های تعریف شده در هوش مصنوعی، می توان پیش بینی های دقیق تری درباره وضعیت جوی و دریایی ارائه داد. این اطلاعات می تواند به کشتی ها و قایق های

<sup>۲</sup> Reinforcement Learning (RL)

<sup>۳</sup> Convolutional Neural Networks (CNNs)

<sup>۱</sup> MARPOL (Prevention of Pollution from Ships)

توجه به پیچیدگی و نیازمندی‌های خاص پروژه، می‌توان مدل مناسب یا ترکیبی از مدل‌ها را انتخاب و توسعه داد.

#### ۱۰- نتیجه‌گیری

از آنجایی که ساخت، نصب و بکارگیری بویه‌های فیزیکی فلزی یا پلی اتیلنی موجود و هزینه خرید و نصب چراغ‌های دریایی موسوم به لنترن<sup>۴</sup> هر ساله بخش زیادی از منابع مالی و فعالیت‌های معاونت فنی و نگهداری در سازمان بنادر و دریانوردی را به خود اختصاص می‌دهد و در ضمن پایش و رصد این بویه‌های فیزیکی که اغلب به جهت برخورد شناورها یا خرابی لنترن و یا آزاد شدن لنترن و اصطلاحاً فرار کردن بویه مواجه می‌باشند و لذا کارایی مطلوب را برای بنادر در پی ندارند و علی‌رغم صرف هزینه‌های گزاف، از این بویه‌ها فقط به جهت علائم ترافیکی آبراه ورودی بنادر در عملیات ورود، پهلودهی و جداسازی شناورها استفاده می‌شود و عملاً اینترنت اشیاء و ثبت اطلاعات از طریق این بویه‌ها صورت نمی‌پذیرد، بنابراین با توجه به توسعه تکنولوژی در شناورها و بنادر ضروری است تا با استفاده از بکارگیری هوش مصنوعی و طراحی و جانمایی بویه‌های مجازی در آبراهه‌های ورودی بنادر نسبت به افزایش سطح ایمنی در تردد کشتی‌ها و سایر شناورهای عبوری و مهم‌تر از آن ایجاد الگوریتم عبور و مرور و ثبت اطلاعات ورود و خروج شناورها و اطلاعات محیط زیستی منطقه از جمله جریان‌ات جزر و مدی، هواشناسی و ... پرداخت.

داده‌های حاصل از سامانه شناسایی خودکار کشتی‌ها (AIS) می‌توانند در کنار رادار و سیستم‌های ترسیم نمودار به کار گرفته شوند و بدین ترتیب دقت و جامعیت پایش ترافیک دریایی افزایش یابد. علاوه بر این، نقشه‌های الکترونیک (ECDIS) در صورتی که به حسگرهایی مانند سامانه موقعیت‌یاب جهانی (GPS) و جاپروسکوپ متصل شوند، قابلیت نمایش موقعیت لحظه‌ای کشتی و ارائه هشدارهای پیشگیرانه در خصوص خطر برخورد با بستر دریا را خواهند داشت. همچنین اتصال این سیستم به رادار آرپا (ARPA) امکان شناسایی و هشدار در خصوص خطر تصادم با سایر شناورها را فراهم می‌سازد.

با توجه به آنکه فرآیند ورود و خروج کشتی‌ها به بنادر به صورت شبانه‌روزی و در تمام طول سال انجام می‌شود،

اگر داده‌های ورودی به صورت تصاویر یا نقشه‌های دو بعدی مانند نقشه‌های رادار یا تصاویر ماهواره‌ای از ترافیک دریایی باشند، آنگاه این مدل می‌تواند برای شناسایی الگوها و ویژگی‌های مهم مانند محل تجمع کشتی‌ها یا مسیرهای پرخطر مورد استفاده قرار گیرند [۲۳].

بعنوان مثال شبکه‌های عصبی کانولوشنال می‌تواند الگوهای ترافیک دریایی را تشخیص دهد و مناطق پرخطر را مشخص کند که نیاز به بویه‌های مجازی بیشتری دارند.

#### ۹-۳- مدل شبکه‌های عصبی بازگشتی<sup>۱</sup>

اگر داده‌ها دارای جنبه زمانی باشند مانند مسیر حرکت کشتی‌ها در طول زمان یا پیش‌بینی آب و هوا، آنگاه شبکه‌های عصبی بازگشتی برای تحلیل و پیش‌بینی روندهای زمانی بسیار مناسب هستند [۲۸].

به عنوان مثال می‌توان از این مدل برای پیش‌بینی مسیر حرکت کشتی‌ها و شرایط آب و هوایی استفاده کرد تا بویه‌های مجازی به صورت پویا و پیشگیرانه در مسیرهای احتمالی خطر قرار گیرند.

#### ۹-۴- سیستم مبتنی بر قوانین و منطق فازی<sup>۲</sup>

برای مسائل ساده‌تر یا زمانی که قوانین مشخصی برای تصمیم‌گیری وجود دارد، می‌توان از این سیستم استفاده کرد. منطق فازی به خصوص برای مواجهه با ابهام و عدم قطعیت در داده‌ها مفید است. بعنوان مثال می‌توان قوانینی مانند "اگر دو کشتی در فاصله  $X$  متری از هم قرار گرفتند آنگاه بویه مجازی هشدار دهنده ایجاد شود، تعریف کرد [۲۴، ۲۵].

#### ۹-۵- مدل الگوریتم‌های خوشه‌بندی<sup>۳</sup>

این مدل برای شناسایی الگوهای رفتاری در ترافیک دریایی یا گروه‌بندی مناطق با ریسک بالا کاربرد دارد [۲۴].

به عنوان مثال با استفاده از این مدل می‌توان کشتی‌هایی که رفتارهای مشابهی دارند یا مناطقی که بیشترین حوادث را دارند، خوشه‌بندی کرد تا استراتژی‌های بهتری برای قرار دادن بویه‌ها اتخاذ شود.

حسب توضیحات و کاربرد هر یک از مدل‌های اشاره شده، ابتدا لازم است داده‌های کافی جمع‌آوری شود، سپس با

<sup>۱</sup> Recurrent Neural Networks (RNNs)

<sup>۲</sup> Fuzzy Logic System

<sup>۳</sup> Clustering Algorithms

<sup>۴</sup> lantern

با وجود این مزایا، پیاده سازی بویه های مجازی با چالش هایی نظیر دسترسی محدود به داده های واقعی ترافیک و سوانح دریایی در کشور، نیاز به زیرساخت های ارتباطی پایدار برای تبادل داده ها و ضرورت همکاری های منطقه ای و بین المللی در زمینه ایمنی دریانوردی، روبه رو است.

بر این اساس، پیشنهاد می شود مطالعات آینده بر اجرای آزمایشی (پایلوت) بویه های مجازی براساس هوش مصنوعی در بنادر پرترافیک مانند بندر امام خمینی متمرکز شود و در کنار آن، تحلیل های اقتصادی و زیست محیطی در این زمینه انجام گیرد. در مجموع، می توان نتیجه گرفت که تلفیق بویه های مجازی با هوش مصنوعی، به عنوان یک رویکرد جامع و آینده نگر، ظرفیت بالایی برای ارتقای ایمنی و پایداری در بنادر کشور دارد و می تواند الگویی قابل تعمیم برای سایر حوزه های حمل و نقل نیز محسوب گردد.

#### ۱۰- منابع

- [1] Sèbe, M., et al., *Maritime transportation: Let's slow down a bit*. Sci Total Environ, 2022. 811: p. 152262.
- [2] Manasbay, A., et al., *Impact of the Marine Transport System and Public Administration on the Environmental Protection*. Journal of Environmental Management and Tourism, 2021. 12: p. 654.
- [3] Baksh, A.-A., et al., *Marine transportation risk assessment using Bayesian Network: Application to Arctic waters*. Ocean Engineering, 2018. 159: p. 422-436.
- [4] Bu, A.A., *AIS-Data For Increased Insight Into Navigational Impacts Post Installation of Man-made Structures at Sea*. 2019, NTNU.
- [5] Alexandrov, C., et al. *Application of Radar Observation on Improvement of Buoyage System in Bulgarian Territorial Waters*. in *2024 23rd International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies (SIELA)*. 2024. IEEE.
- [6] Lisowski, J., *Artificial intelligence methods in safe ship control based on marine environment remote sensing*. Remote Sensing, 2022. 15(1): p. 203.
- [7] Suranari, H., *Shipping and threats to the Antarctic marine environment*. Journal

دسترسی به داده ها و پایش لحظه ای شرایط آبراه های ورودی بنادر شامل وضعیت جوی، جریانات جزر و مدی و سایر عوامل محیطی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. این اطلاعات نه تنها در تسهیل مدیریت ترافیک دریایی نقش اساسی دارند، بلکه به ارتقای سطح ایمنی آبراه ها، به ویژه در شرایط بحرانی یا هنگام حداکثر بودن ترافیک ورودی و خروجی شناورها، کمک شایانی می کنند.

از این رو، با توجه به کاربردهای متعدد قابل تحقق از طریق پیاده سازی بویه های مجازی و تحلیل داده های حاصل از آن ها با استفاده از هوش مصنوعی، می توان استنباط کرد که بهره گیری از یک رویکرد تلفیقی در انتخاب مدل های هوش مصنوعی کارآمدتر خواهد بود. به بیان دیگر، با توجه به توانمندی ها و دامنه کاربرد هر یک از مدل های معرفی شده در بخش ۹، ترکیب مناسب این مدل ها - متناسب با نوع داده ها و خروجی های مورد انتظار، می تواند بهترین نتایج را در مدیریت ایمنی دریانوردی به همراه داشته باشد.

به بیان دیگر داده های دریافت شده از طریق سامانه ها، قابلیت تلفیق با الگوریتم ها و مدل های مختلف هوش مصنوعی را دارند و می توانند خروجی های هوشمندانه متناسب با نوع الگوریتم به کار گرفته شده فراهم سازند. بدین ترتیب، به تناسب نوع داده های ورودی و نیازهای کاربر، الگوی مناسب هوش مصنوعی انتخاب یا پیشنهاد می شود. در مرحله اجرای پروژه نیز، بسته به سطح نیازهای پروژه و با تعریف مازول های مشخص، می توان تعیین کرد که کدام مدل یا ترکیبی از چند مدل هوش مصنوعی بهترین پاسخگویی را خواهد داشت.

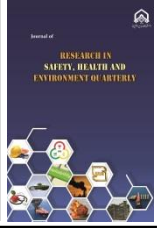
از سوی دیگر، تلفیق بویه های مجازی با فناوری های نوین امکان تحلیل کلان داده های دریایی، شناسایی الگوهای خطر و ارائه پیشنهادهای عملیاتی به کشتی ها را فراهم می آورد. این رویکرد نه تنها موجب افزایش ایمنی و کاهش احتمال بروز سوانح دریایی می شود، بلکه به بهینه سازی مسیرهای کشتیرانی، کاهش هزینه های عملیاتی و مدیریت بهتر شرایط محیط زیستی نیز کمک خواهد کرد.

- [19] Zargar, A. and Z. Nouruzi, *The Persian Gulf Countries' Responsibilities and Their Roles in Environmental Protection*. International Relations Studies, 2016. 33(9): p. 251-281.
- [20] Ghanaatian, H., et al., *The Fate of Terns in the Course of Development at Musa Multi-Branch Creek, Northwest of the Persian Gulf*. 2023. 1: p. 1-6.
- [21] Zhang, L., et al., *Ship accident consequences and contributing factors analyses using ship accident investigation reports*. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O: Journal of risk and reliability, 2019. 233(1): p. 35-47.
- [22] Veitch, E. and O.A. Alsos, *A systematic review of human-AI interaction in autonomous ship systems*. Safety science, 2022. 152: p. 105778.
- [23] Durlik, I., et al., *Artificial intelligence in maritime transportation: a comprehensive review of safety and risk management applications*. Applied Sciences, 2024. 14(18): p. 8420.
- [24] Jurkovič, M., et al., *Operational Research of AIS AtoNs in Inland Waterways: A Case Study of a Selected Stretch on the Danube*. Transactions on Maritime Science, 2025. 14(1).
- [25] Wu, H., et al., *Construction safety risk assessment of bridges in the marine environment based on CRITIC and TOPSIS models*. Journal of Coastal Research, 2020. 108(SI): p. 206-210.
- [26] ghasemi, m., H.R. Motamed, and P. Mashayekh, *Presenting a model of factors affecting the management of health, safety and environmental crises in maritime areas: a data-based approach*. Journal of Maritime Management Science Studies, 2025. 5(4): p. 51-68.
- [27] Ugurlu, O., U. Yildirim, and E. Yukseyildiz, *Marine accident analysis with GIS*. Journal of Shipping and Ocean Engineering, 2013. 3(1-2): p. 21.
- [28] Ugurlu, H. and I. Cicek, *Analysis and assessment of ship collision accidents using Fault Tree and Multiple Correspondence Analysis*. Ocean Engineering, 2022. 245: p. 110514.
- [8] Chuah, L.F., et al., *Marine environment and maritime safety assessment using Port State Control database*. Chemosphere, 2022. 304: p. 135245.
- [9] Hakimzade khoei, P. and S. Sotode, *The legal system governing the conservation of the marine environment*. Modern Jurisprudence and Law, 2023. 3(12): p. 1-17.
- [10] Chen, P., et al., *Probabilistic risk analysis for ship-ship collision: State-of-the-art*. Safety science, 2019. 117: p. 108-122.
- [11] Biolcheva, P. and E. Valchev, *SAFETY THROUGH ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE MARITIME INDUSTRY*. Strategies for Policy in Science & Education/Strategii na Obrazovatelna i Nauchnata Politika, 2023. 31(3).
- [12] Abouata, M., *THE ROLE OF THE CONTRACTING GOVERNMENTS IN SECURING THE COMPLETE AND EFFECTIVE APPLICATION OF THE INTERNATIONAL CONVENTION FOR THE SAFETY OF LIFE AT SEA*. Law Quarterly, 2012. 42(2): p. 21-37.
- [13] Klanac, A. and P. Varsta, *Design of marine structures with improved safety for environment*. Reliability Engineering & System Safety, 2011. 96(1): p. 75-90.
- [14] Blasco, J., I. Corsi, and V. Matranga, *Particles in the oceans: Implication for a safe marine environment*. 2015, Elsevier. p. 1-4.
- [15] Eliopoulou, E., A. Papanikolaou, and M. Voulgarellis, *Statistical analysis of ship accidents and review of safety level*. Safety science, 2016. 85: p. 282-292.
- [16] Kunaka, C. and R. Carruthers, *Trade and transport corridor management toolkit*. 2014: World Bank Publications.
- [17] Walton, C.M., et al., *Pavement, bridge, and safety cost evaluation tool for overweight truck corridors serving coastal port regions and border ports of entry*. 2017, University of Texas at Austin. Center for Transportation Research.
- [18] Sayareh, et al., *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) for Evaluating the Causes of Delays in BIK's Dry Bulk Cargo Operation*. Journal of Oceanography, 2011. 2(6): p. 49-.



دانشگاه امام حسین  
موسسه تخصصی پژوهش در امنیت، سلامت و محیط زیست

موسسه تخصصی پژوهش در امنیت، سلامت و محیط زیست



# The importance of designing and implementing artificial intelligence in the deployment of virtual buoy navigation assistance systems to enhance the safety level of navigation in ports

Forouzan Farrokhian<sup>1</sup>, Aboutaleb Gerayloo<sup>2</sup>

1 Assistant Professor, Department of Environment and HSE, Faculty of Agriculture, Water, Food and Processed Products, Islamic Azad University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

2 PhD student, Department of Environment and HSE, Faculty of Agriculture, Water, Food and Processed Products, Islamic Azad University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

## ARTICLE INFO

*Article history:*

*Article Type: Research paper*

*Received: 2025 October 4*

*Received in revised form: 2025*

*August 21*

*Accepted: 2025 August 27*

*Available online: 2025 September*

*\*Correspondence:*

*foroz.farrokhian@gmail.com*

*Keywords: Air Pollution*

*Buoys*

*Navigation*

*Risk*

*Maritime*

*Safety*

## ABSTRACT

Since more than 90% of foreign trade in goods is conducted through maritime transport, and the initial and final bottlenecks of ships are related to loading and unloading goods at the ports of countries, ensuring maritime safety in the waterway corridor of port entrances and exits to reduce the risk of various imaginable hazards for a vessel is always of paramount importance and a fundamental concern for port managers worldwide. Therefore, considering that traditional physical buoys serve as indicators for the traffic routes of incoming and outgoing ships in the port waterways, the utilization of artificial intelligence to enhance the performance of these physical buoys through the implementation of virtual buoys can play a significant role in improving the level of maritime safety in the waterways of ports, which are the main bottlenecks for ship traffic. Consequently, this research, as a case study, emphasizes the necessity of implementing a virtual navigational aid signal system and integrating their functionality using artificial intelligence with the physical buoys located in the ports' waterways and the Automatic Identification Systems (AIS), Electronic Chart Display and Information Systems (ECDIS), and ARPA radar systems in the KHOWR-E MUSA Channel of Imam Khomeini Port Complex—one of the longest and most challenging entry waterways to the country's ports, with a distance of approximately 42 nautical miles from the mouth of KHOWR-E MUSA to the berthing areas—aims to reduce human error in ship navigation.

This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license.

**Publisher:** Imam Hussein University

© Authors

