

## Design, Construction and Evaluation of Self-Rescue System with Military Use

Mohammadreza Alizadeh Shadbad<sup>1</sup>, Seyed Zia Hejripour<sup>2\*</sup>, Alireza Khajehamiri<sup>3</sup>,  
Mohammadebad Rafat<sup>4</sup>

<sup>1</sup> School of Chemical Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran

<sup>2</sup> Department of Emergency Medicine, Faculty of Medicine, AJA University of Medical Sciences, Tehran, Iran

<sup>3</sup> Toxicology Research Center, Aja University of Medical Sciences, Tehran, Iran

<sup>4</sup> Student Research Committee, Faculty of Medicine, AJA University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Received: 14 March 2021 Accepted: 9 August 2021

### Abstract

**Background and Aim:** The use of life-saving equipment is an effective measure to prevent drowning. Today, divers, pilots, paratroopers, and rappellers (in marine environments) of the armed forces and relief forces use this equipment in military, relief, and training operations. The purpose of this study was to evaluate the performance and efficiency of equipping air cushion wrist in lifeguard operations and keeping a person afloat for military and relief operations.

**Methods:** In this study, an air cushion wrist specimen was designed and manufactured from a soft and thick rubber airbag, a carbon dioxide air capsule, an aluminum capsule discharge mechanism, and a retaining bag made of Waterproof fabric were used. The efficiency of this equipment was studied inside a pool with a depth of 6 meters (at different depths) and a human manikin (with different weights) using the statistical analysis Method of Response Surface (RSM) and Design-Expert software.

**Results:** In this study, the minimum rescue time was related to placing a 30 kg manikin at a depth of one meter (0.45 seconds) and the highest rescue time was related to placing a 60 kg manikin at a depth of five meters (2.46 seconds). Also, the operating time was measured by the lifeguard (from the moment the manikin reached the activator) in this experiment for 2 to 4 seconds. The buoyancy time was 18 hours for a 60 kg man in a single experiment. Also, the rate of lack of fit of the data by the software was calculated to be 18.9%.

**Conclusion:** The results of the present study showed that the device can rescue people in deep water without the need for another person as a helper. By creating long-term buoyancy for the user, this device can increase the maneuverability of military forces in water areas and also provide enough time for rescue forces to arrive at the scene of an accident.

---

**Keywords:** Lifeguard operations, Swimming equipment, Floating in the water, Air cushion wrist.

## طراحی، ساخت و ارزیابی سیستم خود نجات‌غریق با کاربری نظامی

محمد رضا علیزاده شادباد<sup>۱</sup>، سید ضیا هجری پور<sup>۲\*</sup>، علیرضا خواجه‌امیری<sup>۳</sup>، محمد عبادرفعت<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>دانشکده مهندسی شیمی، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

<sup>۲</sup>گروه طب اورژانس، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی آجا، تهران، ایران

<sup>۳</sup>مرکز تحقیقات سم‌شناسی، دانشگاه علوم پزشکی آجا، تهران، ایران

<sup>۴</sup>کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی آجا، تهران، ایران

### چکیده

**زمینه و هدف:** استفاده از تجهیزات نجات‌غریق، یک اقدام مؤثر در پیشگیری از پدیده غرق‌شدگی است. امروزه غواصان، خلبانان، چتربازان و راپل‌نوردان (در محیط‌های دریایی) نیروهای مسلح و نیروهای امدادی از این تجهیزات در عملیات نظامی، امدادی و همچنین آموزشی بهره می‌برند. هدف از این مطالعه، ساخت و بررسی عملکرد و کارایی تجهیز مچ‌بند نجات‌غریق در عملیات‌های نظامی و امدادی است.

**روش‌ها:** در این مطالعه، یک نمونه مچ‌بند نجات‌غریق طراحی و ساخته شد که در ساخت آن از یک کیسه هوایی از جنس لاستیک نرم و ضخیم، یک کپسول هوای دی‌اکسید کربن از جنس استیل، مکانیسم تخلیه کپسول از جنس آلومینیوم و یک کیف نگه‌دارنده از جنس پارچه ضد آب استفاده شد. همچنین کارایی این تجهیز در داخل یک استخر به عمق ۶ متر (در عمق‌های مختلف) و یک مولاژ نیم‌تنه انسان (با وزن‌های مختلف) با استفاده از روش تحلیل آماری سطح پاسخ (Response Surface Method) و نرم‌افزار طراحی آزمایش (Design Expert) بررسی شد.

**یافته‌ها:** در این مطالعه کمترین زمان نجات مربوط به قرار گرفتن مولاژ ۳۰ کیلوگرمی در عمق یک متری (۰/۴۵ ثانیه) و بیشترین زمان نجات مربوط به قرارگیری مولاژ ۶۰ کیلوگرمی در عمق پنج‌متری (۲/۴۶ ثانیه) است. همچنین زمان عملکرد توسط نجات‌غریق (از لحظه رسیدن به مولاژ تا فعال‌سازی دستگاه) در این آزمایش ۲ تا ۴ ثانیه اندازه‌گیری شد. زمان شناوری نیز به‌صورت تک آزمایش، برای مولاژی به وزن ۶۰ کیلوگرم، ۱۸ ساعت به دست آمد. همچنین میزان عدم برازش (Lack of fit) داده‌ها توسط نرم‌افزار، ۱۸/۹ درصد محاسبه شد.

**نتیجه‌گیری:** نتایج مطالعه حاضر نشان داد، که دستگاه مذکور توانایی نجات افراد حادثه‌دیده در اعماق آب، بدون نیاز به فرد دیگری به عنوان کمک‌دهنده را دارد. این دستگاه با ایجاد شناوری طولانی‌مدت برای فرد استفاده‌کننده، می‌تواند قدرت مانور نیروهای نظامی در مناطق آبی را افزایش داده و همچنین در زمان وقوع حادثه، مدت زمان کافی برای رسیدن نیروهای امدادی به محل حادثه را تامین کند.

**کلیدواژه‌ها:** عملیات نجات‌غریق، تجهیزات شنا، شناوری در آب، مچ‌بند نجات‌غریق.

## مقدمه

غرق شدگی (Drowning) یک مشکل مهم بهداشت عمومی که طبق تعریف کنگره جهانی غرق شدگی (World Congress on Drowning: WCOD)، فرآیند تجربه اختلال تنفسی ناشی از غوطه‌ور شدن در مایع معرفی می‌شود که می‌تواند مرگبار و غیر مرگبار باشد (۱). "فرآیند غرق شدن" مجموعه‌ای پیوسته است که با به زیر سطح مایع رفتن مجاری تنفسی قربانی شروع می‌شود. در این زمان قربانی با حبس ارادی نفس خود، به یک اسپاسم حنجره (Laryngospasm) ناخواسته دچار شده و عمل نفس کشیدن مختل می‌شود که منجر به تخلیه اکسیژن و انباشت دی‌اکسید کربن خواهد شد (۲). در نتیجه قربانی دچار هیپرکاریبیک (Hypercarbic)، هیپوکسمی (Hypoxaemic) و اسیدوز (Acidotic) می‌شود. با فعال تر شدن حرکات تنفسی قربانی در اثر هیپرکاریبیا فشار اکسیژن شریانی و در نتیجه اسپاسم حنجره و انسداد کاهش یافته و قربانی به‌طور فعال مایع تنفس می‌کند. در ادامه توقف گردش خون باعث هیپوکسی بافت، اختلال در عملکرد چند عضو و نهایتاً مرگ فرد منجر می‌شود (۳). بر اساس مطالعات انجام شده، میزان مرگومیر ناشی از غرق شدن بیشتر از مرگ میر ناشی از جنگ و عفونت ایدز بوده است و جایگاه دوم مرگومیر ناشی از صدمه‌های ناخواسته را به خود اختصاص داده است (۴). در کشور ایران نیز به‌طور متوسط از سال ۹۲ تا ۹۶ سالانه ۱۰۰۰ نفر در حادثه غرق شدگی فوت کرده‌اند که بیش‌ترین آن مربوط به استان خوزستان بوده است.

یک زنجیره بقا غرق شدگی (Drowning chain of survival) جهانی وجود دارد که به‌طور قابل توجهی شانس پیشگیری، بقا و نجات را برای افرادی که در معرض خطر بالقوه آب هستند، افزایش می‌دهد (۵).

این زنجیره، از پنج بخش اصلی جلوگیری از غرق شدگی (ایمنی در آب و اطراف آن)، تشخیص آشفستگی (درخواست کمک)، تهیه شناور (برای جلوگیری از غرق شدن)، بیرون کشیدن از آب (فقط در صورت ایمن بودن این کار)، ارائه مراقبت‌های پزشکی مورد نیاز (جلب توجه پزشکی) تشکیل شده است. تأمین شناور به‌عنوان زنجیره سوم، یک استراتژی مهم است که زمان ارزشمندی برای ورود نیروهای امدادی و برنامه‌ریزی برای نجات، به فرد آسیب‌دیده ارائه می‌دهد. امروزه استفاده از تجهیزات نجات‌غریق در سراسر جهان به‌عنوان سریع‌ترین، ایمن‌ترین و بی‌خطرترین راه برای نجات خود و قربانی، پذیرفته شده است (۶). همچنین در عملیات نظامی که در بسترهای آبی صورت می‌گیرد، نیروهای نظامی (اعم از غواصان، راپل نوردان و ...) به تجهیزات قابل حملی نیاز دارند که بدون جلب توجه بر روی آب شناور شده و تا حد ممکن به مواضع دشمن نزدیک شوند. همچنین وجود این تجهیزات در هواپیما برای نجات جان خلبانان (اعم از مسافری و جنگی) و مسافران الزامی است. متداول‌ترین تجهیزات نجات‌غریق در آب، فین‌های شنا،

تیوب‌های نجات و تخته (برد) های نجات هستند که به‌عنوان یک وسیله شناور شخصی برای تأمین امنیت افراد در آب استفاده می‌شوند (۷).

فرایز و همکاران (۸) یک دستگاه شناورساز شخصی هوشمند (جلیقه زندگی)، همراه با کیسه‌های هوایی را معرفی کردند. این دستگاه برخلاف سایر شناورسازها، با هدف بهینه‌سازی توانایی دستگاه، با تعدیل تورم محفظه‌های بادی طراحی شده است. در بررسی‌های اولیه این دستگاه نشان داده شد که با تعیین صحیح توالی تورم محفظه‌ها، می‌توان زمان لازم برای نجات فرد حادثه دیده را کاهش داد.

هم‌چنین Beben و همکاران (۹) برای تهیه استانداردهای سازمان هوانوردی فدرال آمریکا، مدت زمان نگهداری هوا توسط کیسه‌های هوایی جلیقه‌های انفجاری نجات شخصی را برای افرادی که به داخل آب می‌پرند، بررسی کردند. در این مطالعه مشخص شد که جلیقه‌های نجات با تعداد محفظه‌های تورمی بیشتر (معمولاً کیسه‌ی هوا با دو یا سه محفظه مجزا)، عملکرد بهتری نسبت به جلیقه‌های نجات با یک محفظه تورمی (کیسه‌ی هوای یکپارچه) دارند. هم‌چنین تنظیم بند جلیقه‌ی نجات نیز عامل تأثیر گذار بر میزان نگهدارندگی هوا بود.

هم‌چنین Dalby و همکاران (۱۰) عملکرد مکانیزم تخلیه (به‌طور مشخص شاسی تخلیه) برای دستگاه‌های شناورساز شخصی غواصان را مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق سه شکل، سه اندازه و سه موقعیت شاسی چاشنی مورد آزمایش قرار گرفت تا تأثیر آن بر زمانی که غواصان برای فعال کردن چاشنی اضطراری نیاز داشتند، تعیین شود. نتایج نشان داد که دستگیره‌های چاشنی باید حداقل ۵۱ میلی‌متر قطر داشته و روی قسمت میانی جلیقه قرار بگیرند.

با این وجود اطلاعات زیادی در مورد کارایی این تجهیزات موجود نیست (۶). مشکل عمده‌ای که این گونه تجهیزات دارند، نیاز به فرد و یا ناجی غریق دیگری در اطراف فرد می‌باشد که در هنگام بروز خطر بتواند با این گونه وسایل جان فرد حادثه‌دیده را نجات دهد. با توجه به مسائل بیان شده وجود طرح و تجهیز قابل حملی که در مواقع عادی (مادامی که فرد دچار حادثه نشده است) مانعی برای انجام فعالیت آبی نباشد و در هنگام اضطرار بدون نیاز به فرد دیگری بتواند جان فرد را نجات دهد، ضروری است. از این رو سیستم خود نجات‌غریق به‌عنوان یک تجهیز شناورساز شخصی معرفی شده است که در زمان وقوع حادثه، فرد حادثه دیده می‌تواند فقط با کشیدن شاسی تعبیه شده بر روی میج بند خود و باز شدن بالشتک هوا، از خطر غرق شدن نجات یابد. شکل ۱ نمایی از میج بند نجات غریق را نشان می‌دهد.

در طراحی و ساخت این دستگاه، سه بخش کلی کیسه هوایی، کپسول گاز و سیستم تخلیه پیش بینی شده است که در داخل یک کیف با پارچه ضد آب قرار می‌گیرند. کیسه هوایی از جنس لاستیک

## روش‌ها

### طراحی آزمایش

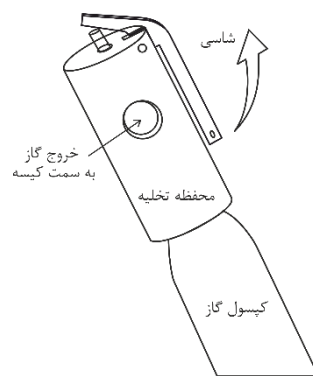
هر آزمایش که به‌منظور بیان درستی یا نادرستی یک فرضیه انجام می‌شود، دارای متغیر ورودی، متغیر خروجی یا پاسخ عوامل قابل کنترل و عوامل غیر قابل کنترل است که با استفاده از روش‌های مختلف مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. از جمله این روش‌ها می‌توان به روش سنتی فاکتوریل کامل، یک فاکتوریل در زمان و روش جدید طراحی آزمایش اشاره کرد. طراحی آزمایش به‌منظور دستیابی به عوامل تأثیرگذار و همچنین چگونگی تأثیر آن بر فرآیند صورت می‌پذیرد و در آن، تغییرات هدف‌داری در ورودی اعمال شده و عکس‌العمل پاسخ بررسی می‌شود. مسئله اصلی در طراحی آزمایش، انتخاب تعداد محدودی آزمایش‌ها از کل آزمایش‌های ممکن است. مدل‌های زیادی برای طراحی آزمایش ارائه شده است که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به مدل‌های درجه اول پلاکت-برمن، فاکتوریل دوسطحی، مدل‌های درجه دوم فاکتوریل سه سطحی و متدولوژی سطح پاسخ اشاره کرد. در این تحقیق، از طرح مرکب مرکزی روش سطح پاسخ استفاده شده است. در این روش ابتدا پارامترهای مورد نظر در نرم افزار وارد شده و سپس تعداد سطح (منظور از سطح، تعداد تقسیماتی است که در بازه هر پارامتر مورد نظر اعمال می‌شود) هر پارامتر تعیین می‌شود. در ادامه نرم افزار با استفاده از پارامترها و تعداد سطح‌های وارد شده، یک جدول با ترکیب مختلفی از پارامترها و سطح‌ها را مشخص می‌کند. در واقع این روش، یک بهینه‌سازی از تعداد آزمایش‌های مورد نیاز است که توسط روش فاکتوریل کامل ارائه می‌شود. همچنین در روش سطح پاسخ انتخاب محدوده پارامترهای متغیر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از این رو محدوده انتخابی برای پارامتر وزن مولاژ ۳۰ تا ۶۰ کیلوگرم و برای عمق آب ۱ تا ۵ متر انتخاب شد. لازم به ذکر است که طراحی و محاسبات در این دستگاه، برای وزن ۸۰ کیلوگرم صورت گرفته است. اما با توجه پروپوزال ارائه شده به دانشگاه علوم پزشکی ارتش (مجموعه تحت قرارداد)، با عنوان طراحی و ساخت نمونه اولیه، حداکثر وزن ۶۰ کیلوگرم تست و ارزیابی شده است.

بنابراین دو پارامتر وزن مولاژ با سطح‌های ۳۰، ۴۵ و ۶۰ کیلوگرم و عمق آب با سطح‌های ۱، ۳ و ۵ متر به نرم افزار وارد شد. ترکیب پارامترها و سطح‌های خروجی از نرم افزار برای انجام آزمایش‌ها در جدول ۱ آورده شده است. تعداد ۱۳ آزمایش موجود در جدول، تعداد بهینه آزمایش‌هایی است که روش سطح پاسخ برای دو پارامتر و در سه سطح به ما می‌دهد که پنج نقطه آن مربوط به نقاط مرکزی بازه‌ها یعنی عمق سه متر و وزن ۴۵ کیلوگرم است که نرم افزار بر اساس میزان تکرار پذیری این نقاط، عدم برازش داده‌ها را محاسبه می‌کند. همچنین زمان نجات نیز با استفاده از کرنومتر اندازه‌گیری و بر اساس همین ترکیب ارائه شد. دمای آب هنگام آزمایش ۱۹ درجه سانتی‌گراد بود. همچنین خروجی این

ضخیم با خاصیت کشسان ساخته شده است تا تنش فشاری واردشده ناشی از اعماق مختلف آب را تحمل کند. در قسمت کپسول گاز، از یک کپسول با جنس استیل و یک سری رزوه‌دار بهره گرفته شده است که به صورت پیچ به انتهای سیستم تخلیه بسته می‌شود. این کپسول حاوی ۲۰ گرم گاز دی‌اکسید کربن است و در فشار اتمسفری حجمی در حدود ۵ لیتر تولید می‌کند که با توجه به محاسبات انجام شده، توانایی بالا کشیدن یک فرد بالغ از داخل آب را دارد. همچنین این کپسول یک‌بار مصرف بوده و پس از استفاده، جایگزین می‌شود. دلیل استفاده از کپسول حاوی کربن دی‌اکسید به صفر رساندن احتمال هرگونه انفجار و آتش‌سوزی است. به منظور تخلیه گاز کپسول به داخل کیسه هوایی نیز یک مکانیزم تخلیه طراحی و ساخته شده است. این مکانیزم شامل یک محفظه، یک شاسی و یک اهرم (T) شکل است که به منظور کاهش وزن دستگاه از جنس آلومینیوم و با تراشکاری بر روی مواد خام ساخته شده‌اند. نحوه عملکرد دستگاه به این صورت است که با کشیدن شاسی توسط فرد، اهرم (T) شکل در داخل محفظه به حرکت درآمده و به سمت سر کپسول فشرده می‌شود. این فشرده شدن سبب سوراخ شدن سری کپسول و تخلیه گاز داخل آن به داخل محفظه و سپس هدایت آن به داخل کیسه هوایی و باز شدن کیسه و خروج آن از داخل کیف می‌شود. بالشتک هوای ایجاد شده در نتیجه گاز داخل کپسول موجب شناوری فرد حادثه دیده خواهد شد. شکل ۲ جزئیات طراحی دستگاه را نشان می‌دهد. همچنین ماهیت این طرح از نوع توسعه‌ای محصول بوده و در همین راستا تمرکز طرح بر روی بهبود عملکرد فنی آن است.



شکل-۱. مچ‌بند نجات‌غریق با کپسول گاز



شکل-۲. جزئیات طراحی صورت گرفته

در نقاط مرکزی است که اگر این مقدار بیشتر از ۵ درصد باشد، مقدار آن غیر قابل توجه بوده (Non-Significant) و صحت مدل را تأیید می‌کند.

روش، یک نمودار است که تأثیر دو پارامتر وزن مولاژ و عمق آب را بر مدت زمان نجات مولاژ مدل می‌کند. یکی از شاخص‌هایی که میزان انطباق داده‌ها با مدل را نشان می‌دهد، آزمون عدم برازش

جدول ۱- آزمایش‌های صورت گرفته با استفاده از خروجی نرم‌افزار

شماره آزمایش	متغیر مستقل ۱ وزن آدمک (کیلوگرم)	متغیر مستقل ۲ عمق آب (متر)	پارامتر پاسخ زمان نجات (ثانیه)	پارامتر پاسخ زمان عملکرد (ثانیه)
۱	۳۰	۱	۰٫۷۵	۲٫۶۳
۲	۴۵	۳	۱٫۴۶	۲٫۴۱
۳	۳۰	۳	۱٫۱۱	۲٫۴۴
۴	۴۵	۵	۲٫۰۴	۳٫۳۲
۵	۴۵	۳	۱٫۶۵	۱٫۰۲
۶	۶۰	۳	۱٫۴۴	۲٫۶۶
۷	۶۰	۵	۲٫۴۶	۳٫۷۱
۸	۴۵	۱	۰٫۴۵	۱٫۵۳
۹	۳۰	۵	۱٫۸۳	۲٫۷۶
۱۰	۴۵	۳	۱٫۴۵	۳٫۲۱
۱۱	۴۵	۳	۱٫۵	۳٫۴۷
۱۲	۶۰	۱	۰٫۷۹	۱٫۶۴
۱۳	۴۵	۳	۱٫۷۸	۲٫۱۶

قرار گرفت و حجم کیسه هوایی به صورت کیفی در ۲۴ ساعت با حجم اولیه آن مقایسه گردید. مدت زمان شناوری از لحظه اولیه (یعنی زمانی که کیسه هوایی به طور کامل باد شد) تا زمانی که حجم آن به یک سوم حجم اولیه رسید، محاسبه می‌شود.

## نتایج

در این مطالعه برای دستیابی به زمان نجات و زمان عملکرد، ۱۳ آزمایش در اعماق و اوزان مختلف انجام گرفت. این ۱۳ آزمایش از خروجی نرم افزار دیزاین اکسپرت به دست آمده است. کمترین زمان نجات مربوط به قرار گرفتن مولاژ ۳۰ کیلوگرمی در عمق یک متری (۰٫۴۵ ثانیه) و بیشترین زمان نجات مربوط به قرارگیری مولاژ ۶۰ کیلوگرمی در عمق پنج‌متری (۲٫۴۶ ثانیه) است (شکل ۲). همچنین زمان عملکرد توسط نجات‌غریق (از لحظه رسیدن به مولاژ تا فعال‌سازی دستگاه) در این آزمایش ۱ تا ۴ ثانیه اندازه‌گیری شد (جدول ۱). زمان شناوری نیز به صورت تک آزمایش جداگانه انجام شد که برای مولاژی به وزن ۶۰ کیلوگرم، ۱۸ ساعت به دست آمد. همچنین میزان عدم برازش (Lack of fit) داده‌ها توسط نرم‌افزار، ۱۸٫۹ درصد محاسبه شد که با توجه به غیرقابل توجه بودن آن، درستی روش به کار رفته تأیید می‌شود.

## بحث

با توجه به نمودار، این نتیجه دریافت می‌شود که با افزایش عمق، مدت‌زمان نجات افزایش می‌یابد درحالی‌که افزایش عمق آب هیچ تأثیری در زمان شناوری و زمان عملکرد نخواهد داشت.

## ارزیابی عملکرد و کارایی مجبند نجات‌غریق

در این مطالعه، عملکرد دستگاه مجبند نجات‌غریق با استفاده از روش سطح پاسخ (Response Surface Method: RSM) و به وسیله یک مولاژ نیم‌تنه انسان مورد ارزیابی قرار گرفته است. در این روش دو پارامتر عمق آب (عمق غرق‌شدگی) و وزن غریق (وزن مولاژ) در سه سطح (در سه عمق و در سه وزن مختلف) بررسی شد. همچنین پارامتر زمان، تحت سه عنوان مدت‌زمان لازم برای کشیدن اهرم و باز شدن کیسه هوایی دستگاه (زمان عملکرد)، مدت‌زمان لازم برای کشیده شدن فرد توسط دستگاه از عمق مورد نظر به سطح آب استخر (زمان نجات) و مدت‌زمانی که فرد می‌تواند توسط دستگاه روی آب شناور بماند (زمان شناوری که تا نصف شدن حجم کیسه هوایی نسبت به حالت اولیه محاسبه می‌شود) به‌عنوان پاسخ در نظر گرفته شد. همچنین آزمایش‌های انجام شده و نیز نتایج به‌دست‌آمده، بر اساس نرم‌افزار طراحی آزمایش (Design Expert) صورت گرفته است. در این نرم افزار روش کار به این صورت است که مولاژ، ابتدا با اتصال وزنه‌های فلزی به وزن دلخواه رسیده و در عمق مشخصی از آب نگه‌داشته می‌شود، سپس ناجی غریق با کشیدن شاسی دستگاه را فعال می‌کند. مدت‌زمان فعال‌سازی دستگاه توسط نجات‌غریق یعنی مدت‌زمان لازم برای کشیدن اهرم و باز شدن کیسه هوایی دستگاه (زمان عملکرد که بستگی به تسلط ناجی بر دستگاه و عمق عملیاتی آب دارد) و مدت‌زمان رسیدن مولاژ به سطح آب استخر (زمان نجات) با استفاده از کرنومتر ثبت شد. برای محاسبه زمان شناوری نیز مولاژ به مدت یک شبانه‌روز در سطح آب استخر به صورت شناور

در ادامه برای فردی با ۸۰ کیلوگرم نیروهای وزن در آب با ریه‌های پر از آب و خالی، شناوری لازم برای نجات غریق محاسبه شده است.

وزن انسان به طور متوسط  $= ۸۰۰/۷$  نیوتن  $= ۸۱/۷$  کیلوگرم  
حجم انسان به طور متوسط  $= ۳$  فوت مکعب  $= ۰/۰۸۵$  متر مکعب  
چگالی آب  $= ۱۰۰۰$  کیلوگرم بر متر مکعب

حجم ریه‌های انسان  $= ۴۶۰۰$  میلی لیتر  $= ۵۰۰۰$  میلی لیتر  
جرم آب موجود در ریه‌ها در حالت پرشدگی کامل  $= ۵$  کیلوگرم

برای ادامه محاسبات فرض می‌گیریم که ریه‌های فرد به صورت کامل از آب پر شده و فرد در حالت خفگی کامل قرار دارد. در این حالت:

چگالی انسان

$$(81.7+5) \text{ (Kg)} / 0.085 \text{ (m}^3\text{)} = 1020 \text{ (Kg/m}^3\text{)}$$

حال کیسه‌ای با حجم ۵ لیتر محتوی ۱۶ گرم گاز کربن دی‌اکسید که در شرایط متعارفی ۱/۱ اتمسفر فشار را ایجاد می‌کند را در نظر می‌گیریم:

نیروی شناوری وارد بر کیسه:

$$F_b = 1000 \times 0.005 \times 9.8 = 49 \text{ N}$$

نیروی شناوری خالص وارد بر کیسه:

$$49 - (0.4 \times 9.8) = 45.08 \text{ N}$$

نیروی شناوری وارد بر فرد:

$$86.7 \times 9.8 = 849.7 \text{ N}$$

نیروی که هنگام غرق شدن فرد را به زیر می‌کشد:

$$849.7 - 833 = 16.67 \text{ N}$$

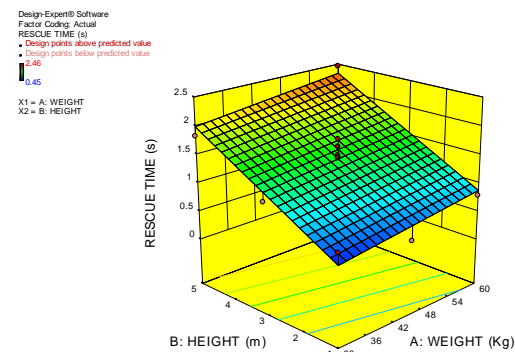
نیروی به زیر کشنده فرد منهای نیروی بالابرنده کیسه:

$$45.08 - 16.67 = 28.41 \text{ N}$$

با توجه به محاسبات صورت گرفته کیسه هوایی طراحی شده نیرویی برابر با ۲۸/۴۱ نیوتن به فردی با وزن متوسط ۸۱ کیلوگرم وارد کرده و آن را به سمت بالا خواهد کشید.

## نتیجه گیری

نجات بسته به شرایط از ۰/۴۶ ثانیه تا ۲/۴۶ ثانیه متفاوت خواهد بود. که کمترین زمان مربوط به وزنه ۳۰ کیلوگرمی و عمق یک متری آب و بیشترین زمان مربوط به عمق پنج متری و وزنه ۶۰ کیلوگرمی خواهد بود. همچنین برای باز کردن کیسه نجات به وسیله شاسی مخصوص در شرایط آزمایشی ۲ تا ۴ زمان لازم است. این مدت زمان بسته میزان سرعت عمل فرد در هنگام حادثه



شکل-۳. نمودار زمان نجات دستگاه برحسب وزن مولاز و عمق استخر

درواقع مدت زمان شناوری به میزان نشستی گاز از دستگاه و نصف شدن حجم کیسه بستگی دارد. با توجه به آب‌بندی‌های صورت گرفته در طراحی این مدت زمان برای مولاز ۶۰ کیلوگی ۱۸ ساعت بود. همچنین زمان عملکرد نیز به میزان استرس وارده به فرد و توانایی فرد در باز کردن شاسی دستگاه دارد که برای افراد مختلف متفاوت خواهد بود. این مدت زمان از لحظه اقدام به فشار دادن شاسی تخلیه گاز توسط نجات غریق تا لحظه پر شدن کامل کیسه محاسبه شده است. همچنین با افزایش وزن فرد نیز مدت زمان نجات افزایش پیدا می‌کند. این افزایش وزن تا یک آستانه مجازی می‌تواند بالاتر برود و بعد از آن دستگاه توانایی بالا کشیدن فرد را نخواهد داشت. مدت زمان عملکرد نیز مطابق پارامتر عمق، با افزایش وزن تغییری نخواهد داشت ولی مدت زمان شناوری را تحت تأثیر قرار خواهد داد به این صورت که تا زمانی که وزن فرد آستانه مجاز تحمل دستگاه را رد نکند مدت زمان شناوری ۱۸ ساعته برای فرد برقرار خواهد بود.

همچنین این نمونه نسبت به نمونه‌های ساخته شده قبلی داخلی و خارجی، از کپسول گاز بزرگتری بهره می‌برد و می‌تواند وزن بیشتری را از عمق آب به سطح آب بکشد. این کپسول بزرگتر، شناوری طولانی‌تری را نیز فراهم می‌کند که باعث افزایش شانس نجات فرد حادثه دیده می‌شود. علاوه بر این، استفاده از پارچه ضد آب به جای پلاستیک در بدنه دستگاه، باعث می‌شود که نسبت به سایر نمونه‌های مشابه وزن کمتری داشته باشد. این کاهش وزن، راحتی بیشتری به فرد استفاده کننده می‌دهد. همچنین این دستگاه از مکانیزم ساده‌تری نسبت به نمونه مشابه استفاده می‌کند که قیمت تمام شده آن را تا یک سوم قیمت نمونه خارجی آن، پایین می‌آورد.

مزیت دیگر این دستگاه نسبت به نمونه‌های مشابه، یکپارچه بودن بودن کیسه هوایی و عدم استفاده از دوخت در آن است. عدم استفاده از دوخت در ساخت کیسه، علاوه بر افزایش ایمنی دستگاه و جلوگیری از آسیب پذیر بودن کیسه هوایی از ناحیه دوخته شده، مدت زمان تخلیه گاز داخل آن را نیز افزایش داده و به تبع آن مدت زمان شناوری افزایش می‌دهد.

**تضاد منافع:** نویسندگان تصریح می‌کنند که هیچ‌گونه تضاد منافی در مطالعه حاضر وجود ندارد.

#### نکات بالینی کاربردی برای جوامع نظامی

- لزوم استفاده از تجهیزات قابل حمل برای تأمین شناوری نیروهای مسلح (به‌خصوص نیروی دریایی) در عملیات نظامی با توجه قرار گرفتن کشور بین دو دریای خلیج فارس و خزر.
- اهمیت استفاده از این تجهیزات برای کلیه پرسنل نظامی و عملیاتی که در مناطق آبی به انجام عملیات می‌پردازند.
- ارتقاء سطح خدمات و عملکرد فاز اورژانس پیش بیمارستانی سامانه بهداشت و درمان نیروهای مسلح.
- به موجب بهره‌گیری عملیاتی از این محصول کاهش تلفات نیروهای خودی و ممانعت از تحمیل هزینه‌های متعاقب پدیده‌ی غرق‌شدگی، مدنظر می‌باشد.

متغیر خواهد بود. همچنین فرد در هنگام استفاده از این دستگاه می‌تواند تا ۱۸ ساعت روی آب شناور بماند که مدت‌زمان مطمئنی تا رسیدن نیروهای امدادی تا محل حادثه خواهد بود. همچنین این زمان شناوری این امکان را فراهم می‌آورد که نیروهای مسلح در عملیات دریایی بدون جلب توجه و با استفاده از نیروی شناوری تجهیز و شنا کردن به مواضع دشمن نزدیک شوند.

**تشکر و قدردانی:** این مطالعه به‌عنوان طرح تحقیقاتی در معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی ارتش جمهوری اسلامی ایران ثبت گردیده و مورد تأیید کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی ارتش (با کد IR.ajajums.rec.1399.127) است. نویسندگان مراتب تشکر و قدردانی خود از مدیریت و کارکنان معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه را ابراز می‌دارند.

**نقش نویسندگان:** همه نویسندگان در نگارش و بازنویسی مقاله سهیم بوده و دقت و صحت مطالب مندرج در آن را تأیید می‌کنند.

#### منابع

1. Murray CJ, Lopez AD. Mortality by cause for eight regions of the world: Global Burden of Disease Study. *Lancet*. 1997;349(9061):1269-76. doi:10.1016/S0140-6736(96)07493-4
2. van Beeck E. Injuries: a continuous challenge for public health: Erasmus University Rotterdam; 1998. Available from: <http://hdl.handle.net/1765/16986>
3. Idris AH, Berg RA, Bierens J, Bossaert L, Branche CM, Gabrielli A, et al. Recommended Guidelines for Uniform Reporting of Data from Drowning. *Circulation*. 2003;108(20):2565-74. doi:10.1161/01.CIR.0000099581.70012.68
4. The Lancet. From what will we die in 2020? *Lancet*. 1997;349(9061):1263. doi:10.1016/S0140-6736(97)21018-4
5. Field JM, Hazinski MF, Sayre MR, Chameides L, Schexnayder SM, Hemphill R, et al. Part 1: executive summary: 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation*. 2010;122(18 Suppl 3):S640-S56. doi:10.1161/circulationaha.110.970889
6. United States Lifeguard Standards Coalition. United States Lifeguard Standards: An Evidence-Based Review and Report by the United States

Lifeguard Standards Coalition. *International Journal of Aquatic Research and Education*: 2011;5(1):Article 8. doi:10.25035/ijare.05.01.08

7. Barcala-Furelos R, Abelairas-Gomez C, Romo-Perez V, Palacios-Aguilar J. Influence of Automatic Compression Device and Water Rescue Equipment in Quality Lifesaving and Cardiopulmonary Resuscitation. *Hong Kong Journal of Emergency Medicine*. 2014;21(5):291-9. doi:10.1177/102490791402100503

8. Jiang Y, Wang D, Ying J, Chu P, Qian Y, Chen W. Design and Preliminary Validation of Individual Customized Insole for Adults with Flexible Flatfeet Based on the Plantar Pressure Redistribution. *Sensors (Basel)*. 2021;21(5). doi:10.3390/s21051780

9. Beben MS, McLean CL, Weed DB, Ashmore JD, DeSelms DE, Guinn KJ, et al. Inflatable Emergency Equipment II: Evaluation of Individual Inflatable Aviation Life Preserver Retention Characteristics. Oklahoma City, OK 73125: Civil Aerospace Medical Institute Federal Aviation Administration June 2020.

10. Dalby PH, Price DL. Design of Safety Vest Detonators. *Human Factors*. 1978;20(1):41-5. doi:10.1177/001872087802000106