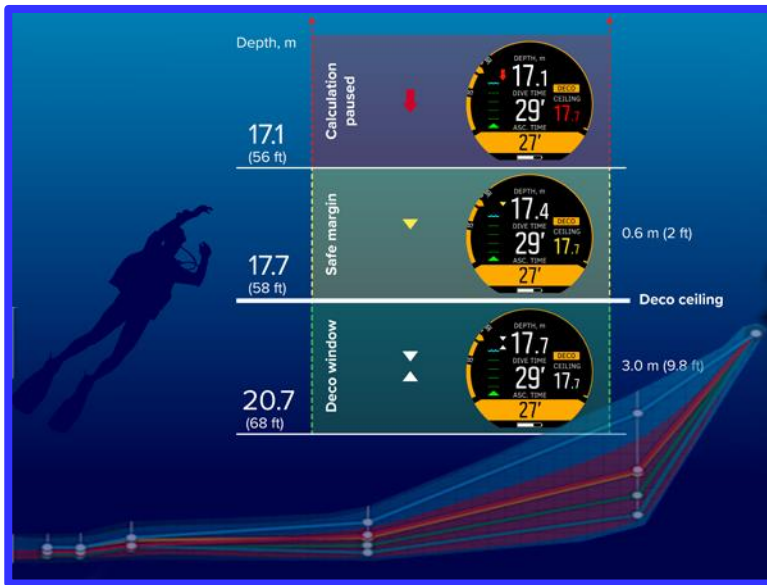


# بررسی جداول و مدل های برداشت فشار و الگوریتم های کامپیوترهای غواصی



در دنیای غواصی، مدیریت صحیح برداشت فشار و عمق غواصی اهمیت بسیاری دارد که به وسیله جداول برداشت فشار و الگوریتم های پیچیده کامپیوترهای غواصی به دست می آید.

این مقاله به بررسی جزئیات و تفاوت های مهم بین جداول غواصی و کامپیوترهای غواصی پرداخته و مدل های مختلف برداشت فشار را معرفی می کند. همچنین، الگوریتم های کامپیوترهای غواصی و تفاوت های آنها با یکدیگر، از جمله الگوریتم های محتاط و ریسک پذیر و استفاده از دو الگوریتم همزمان، به طور کامل تحلیل خواهد شد. با ما همراه باشید تا با این تکنولوژی های کلیدی در غواصی آشنا شوید و بهترین انتخاب را برای غواصی ایمن و مؤثر خود داشته باشید.

## ۱- تفاوت های مهم بین جداول غواصی و کامپیوترهای غواصی

پیش از ظهور کامپیوترهای غواصی، تنها روش ایمن برای مدیریت زمان غواصی و محاسبه ایستگاه های برداشت فشار، استفاده از جداول برداشت فشار بود. این جداول به ویژه برای غواصان نظامی طراحی شدند تا از بروز بیماری های مرتبط با برداشت فشار جلوگیری کنند.

### اصول اولیه

جداول غواصی با فرض اینکه غواص در طول غواصی در عمق بیشتر باقی می ماند و سپس به سطح بازمی گردد، میزان نیتروژن حل شده در بدن غواص را محاسبه می کنند. از سوی دیگر، کامپیوترهای غواصی به طور لحظه ای عمق و زمان غواصی را ثبت کرده و با استفاده از الگوریتم های پیشرفته، میزان نیتروژن حل شده واقعی را محاسبه می کنند. این ویژگی باعث دقت بیشتر در غواصی های طولانی و کاهش زمان استراحت بر سطح بین دو غواصی می شود.

### تفاوت های زمان غواصی

تصور کنید که به غواصی در عمق ۳۶ متری برای بازدید از یک کشتی غرق شده رفته اید. با استفاده از جداول غواصی، ممکن است تنها برای مدت ده دقیقه بدون نیاز به برداشت فشار در این عمق غواصی کنید. اما با استفاده از کامپیوتر غواصی، که عمق و زمان را به طور مداوم ثبت می کند، ممکن است قادر به غواصی تا ۳۰ دقیقه یا بیشتر بدون نیاز به برداشت فشار باشید. این تفاوت می تواند بسیار چشمگیر باشد.

### مقایسه ایمنی و کارایی

کامپیوترهای غواصی با توجه به تغییرات در پروفایل غواصی، ایمنی بیشتری را نسبت به جداول غواصی ارائه می دهند و می توانند ایستگاه های برداشت فشار را به طور دقیق تری اعلام کنند. با این حال، یکی از مشکلات کامپیوترهای غواصی این است که وضعیت فردی غواص را به طور کامل در نظر نمی گیرند. در مقابل، جداول غواصی بر اساس وضعیت ضعیف ترین فرد گروه طراحی شده و می تواند ایمنی بیشتری را تضمین کند. به علاوه، در برنامه ریزی با جداول، استفاده از قانون یکی بالاتر - یکی بیشتر برای غواصی در آب های سرد یا شرایط فیزیکی خاص توصیه می شود.

هنگام برنامه‌ریزی برای غواصی، همیشه عمیق‌ترین غواصی را در اولین برنامه غواصی خود قرار دهید. این اصل مهم به شما کمک می‌کند تا محاسبات مربوط به زمان‌های توقف و استراحت را به درستی انجام داده و از خطرات احتمالی جلوگیری کنید. کامپیوترهای غواصی با قابلیت محاسبه پروفایل‌های غواصی پیچیده، این محدودیت را ندارند و می‌توانند برنامه‌های غواصی متنوع‌تری را ارائه دهند.

برخی بر این باورند که با وجود کامپیوترهای غواصی نیازی به آشنایی با جداول غواصی نیست، اما دانش و آشنایی با روش‌های جداول غواصی هنوز هم در آموزش غواصی و هنگام بروز مشکلات بسیار حیاتی است. در صورتی که کامپیوتر غواصی دچار مشکل شود، دانستن نحوه استفاده از جداول غواصی به عنوان پشتیبان بسیار مفید خواهد بود.

استفاده از کامپیوترهای غواصی در کنار جداول غواصی بهترین راه برای اطمینان از ایمنی و دقت در غواصی است. این ترکیب به شما کمک می‌کند تا اطلاعات جامع‌تری درباره وضعیت غواصی داشته باشید و به‌طور مؤثرتری از تجهیزات خود بهره‌برداری کنید.

### دلیل استفاده از جداول

در آموزش غواصی، استفاده از جداول غواصی به عنوان یک ابزار پشتیبان، اهمیت زیادی دارد. کامپیوترهای غواصی، که امروزه بخشی از تجهیزات اصلی غواصی هستند، ممکن است به دلایل مختلفی از کار بیفتند یا دچار خرابی شوند. مشکلاتی مانند تمام شدن باتری یا اختلال در برنامه می‌تواند باعث شود که شما در زیر آب با مشکلاتی مواجه شوید و نتوانید به‌درستی از کامپیوتر غواصی خود استفاده کنید.

برای جلوگیری از این مشکلات، غواصان باتجربه می‌دانند که استفاده از جداول غواصی به عنوان پشتیبان ضروری است. جداول غواصی به شما این امکان را می‌دهند که در صورت بروز مشکلات در کامپیوتر غواصی، برنامه‌ریزی صحیحی برای غواصی داشته باشید و از ایمنی خود مطمئن شوید. علاوه بر این، استفاده از کامپیوتر غواصی به عنوان مرجع اصلی و جداول به عنوان پشتیبان، می‌تواند به شما کمک کند تا دید کلی و دقیقی از وضعیت خود هنگام غواصی پیدا کنید.

استفاده از کامپیوترهای غواصی در کنار جداول غواصی به‌ویژه در شرایط پیچیده و زمانی که پروفایل‌های غواصی پیچیده است، مزایای زیادی دارد. کامپیوترهای غواصی به شما این امکان را می‌دهند که به‌طور دقیق‌تر زمان غواصی را مدیریت کنید و حتی امکان سوئیچ کردن بین گازهای مختلف را فراهم می‌آورند، که می‌تواند زمان غواصی را طولانی‌تر کرده و به شما اطلاعات مفیدی درباره میزان گاز مصرفی و دیگر فاکتورها ارائه دهد.

در نهایت، با وجود اینکه کامپیوترهای غواصی به‌طور چشمگیری محاسبات مربوط به غواصی را ساده کرده‌اند و به شما این امکان را می‌دهند که فاصله استراحت بین دو غواصی را کاهش دهید، دانستن نحوه استفاده از جداول غواصی و توانایی برنامه‌ریزی با آن‌ها هنوز هم بسیار حیاتی است. بهترین راه برای اطمینان از ایمنی و دقت در غواصی، استفاده از کامپیوتر غواصی به عنوان مرجع اصلی و جداول غواصی به عنوان پشتیبان است.

## ۲- انواع مدل‌های برداشت فشار در غواصی

### تحقیقات اولیه در فیزیولوژی برداشت فشار و تأثیر آن

تحقیقات در زمینه فیزیولوژی برداشت فشار تنها مختص غواصان اسکوبا نبوده و به دوران گذشته باز می‌گردد. اولین نشانه‌های مشکلات مرتبط با برداشت فشار در سال ۱۸۴۱ میلادی مشاهده شد. کارگران مشغول به کار درون جعبه‌های فلزی برای عملیات زیرآب و کارگران تونل‌سازی زیر رودخانه‌ها علائمی از درد و سرگیجه را تجربه کردند. در سال ۱۸۸۰ میلادی، این مشکلات به بیماری Bend مشهور شدند، که به دلیل تجمع گاز نیتروژن و خم شدن بدن به سمت جلو ایجاد می‌شد. بعداً این بیماری به «بیماری کیسون» تغییر نام یافت و در غواصان به فلج غواصی (Diver's Palsy) معروف شد.

## اصول اولیه و تئوری‌های برداشت فشار

تحقیقات درباره بیماری‌های ناشی از برداشت فشار در دهه ۱۸۰۰ میلادی نتایج مهمی را به دنبال داشت. یکی از این نتایج، ایجاد جداول برداشت فشار بود که برای اولین بار در سال ۱۹۰۸ توسط بوی کات، دامانت و هالدین منتشر شد. این اصول که به نام اصول هالدین شناخته می‌شوند، پایه‌های اصلی جداول برداشت فشار غواصی نیروی دریایی ایالات متحده را تشکیل دادند.

برای تمامی تئوری‌ها، چهار قانون اصلی در کار هالدین وجود داشت:

۱. پیشرفت میزان حل شدن گازها: حل شدن گازها در بافت‌های بدن تحت فشار به‌طور عمومی از یک منحنی لگاریتمی پیروی می‌کند. منحنی دفع گازهای حل‌شده بعد از برداشت فشار مشابه همان منحنی اشباع خواهد بود، به شرطی که حبابی تشکیل نشود.
۲. زمان اشباع بافت‌ها: زمان مورد نیاز برای به اشباع رسیدن بافت‌های مختلف بدن انسان یا حیوان، بسته به نوع بافت از چند دقیقه تا چند ساعت متغیر است.
۳. روند برداشت فشار: در برداشت فشار، کاهش سریع فشار مطلق به نصف باید در مرحله اول صورت گیرد، و سپس درصد برداشت فشار باید آهسته‌تر شود تا هیچ‌گاه فشار نیتروژن در بافت‌ها بیشتر از دو برابر میزان هوای اتمسفری نباشد.
۴. محدودیت ایمنی: برداشت فشار زمانی ایمن است که فشار نیتروژن درون بدن بیش از دو برابر فشار اتمسفر نباشد.

### مقایسه جداول غواصی

جداول غواصی نیروی دریایی آمریکا که به‌طور سنتی مورد قبول غواصان قدیمی قرار داشته، برای غواصان نیروی دریایی با آمادگی جسمانی بالا و در آب‌های گرم (بالای ۲۰ درجه سانتی‌گراد) طراحی شده بودند. این جداول به‌ویژه برای غواصی‌های یک روزه و تحت نظارت مربی‌ها طراحی شده‌اند. در غواصی‌هایی که نیاز به برداشت فشار در زیر آب داشتند، معمولاً اتاق فشار مخصوصی در محل غواصی وجود داشت و تنها سه تا پنج درصد از غواصان دچار مشکلات شدند.

با وجود تغییرات و پیشرفت‌های تکنولوژیکی، این جداول هنوز هم به‌طور گسترده‌ای توسط غواصان اسکوبا که از کامپیوترهای غواصی استفاده نمی‌کنند، مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند. جداول غواصی نیروی دریایی پس از بیش از ۷۰ سال استفاده در غواصی تفریحی، صنعتی و نظامی، به‌عنوان معتبرترین جداول غواصی در جهان شناخته می‌شوند. نسخه هفتم این جداول در سپتامبر ۲۰۱۷ منتشر شد.

در آموزش غواصی، آشنایی با این جداول و استفاده از آن‌ها در کنار کامپیوتر غواصی، به شما کمک می‌کند تا ایمنی و دقت بیشتری در برنامه‌ریزی و اجرای غواصی‌های خود داشته باشید.

### ۱- مدل هالدین - Haldane

در سال ۱۹۰۸ میلادی، آقای هالدین با انجام تحقیقات گسترده بر روی برداشت فشار در بزها، موفق به ارائه مدل برداشت فشار خود شد. این تحقیق مبنای نظریه‌ای شد که به صورت منطقی واکنش‌های فیزیولوژیک بدن انسان به فشار و برنامه‌های برداشت فشار را توضیح می‌دهد. با وجود اینکه برخی از حدسیات او در طول زمان رد شدند، نظریات هالدین در دوران خود به‌شدت ارزشمند بودند و به‌عنوان پایه و اساس تحقیقات علمی در زمینه برداشت فشار و جداول غواصی امروزی عمل کردند.

### اصول مدل هالدین

هالدین با استفاده از تجربیات خود در تحقیق بر روی حیوانات، به این نتیجه رسید که اگر پس از برداشت فشار، اثری از بیماری برداشت فشار مشاهده نشود، بنابراین هیچ حبابی در خون باقی نمانده است. امروزه، با پیشرفت تکنولوژی و استفاده از مانیتورهای داپلر، مشخص شده است که تشکیل حباب و باقی ماندن آن‌ها در خون برای تمامی غواصان، فارغ از زمان و عمق غواصی، اتفاق می‌افتد.

در تحقیقات هالدین، بدن بزها به مدت سه ساعت تحت فشار قرار گرفت و نتایج نشان داد که بدن انسان نیاز به پنج ساعت برای رسیدن به حد اشباع دارد. برای تخصیص "زمان نصف" به پنج گروه بافتی بدن، هالدین زمان ۷۵ دقیقه را برای کم‌سرعت‌ترین گروه بافت در نظر گرفت. این مقدار بر اساس تئوری پنج ساعت برای اشباع بدن انسان تحت فشار بود. امروزه، مدل‌های حرفه‌ای زمان ۲۴ ساعت را برای رسیدن به اشباع در نظر می‌گیرند و کم‌سرعت‌ترین بافت را با زمان ۱۲۰۰ دقیقه محاسبه می‌کنند.

## برنامه‌های جداول غواصی هالدین

هالدین سه برنامه اصلی برای جداول غواصی با استفاده از هوا تدوین کرد:

۱. **برنامه اول:** برای غواصانی که نیاز به برداشت فشار کمتر از ۳۰ دقیقه دارند.
۲. **برنامه دوم:** برای غواصانی که نیاز به برداشت فشار بیش از ۳۰ دقیقه دارند.
۳. **برنامه سوم:** برای غواصی در اعماق زیاد (تا ۱۰۰ متر) و استفاده از اکسیژن برای برداشت فشار.

این برنامه‌ها به‌طور ویژه برای این طراحی شدند که غواصان بعد از پایان غواصی به سرعت به ایستگاه برداشت فشار بروند و سپس با سرعتی بسیار کمتر به سطح بازگردند. نیروی دریایی انگلستان این برنامه‌ها را در سال ۱۹۰۸ به کار برد و تا دهه ۱۹۵۰ میلادی از آن‌ها استفاده کرد. نتایج نشان داد که برنامه اول بسیار محتاط و برنامه دوم بسیار آزاد (خطرپذیر) بود.

در سال ۱۹۱۵، اولین سری جداول غواصی نیروی دریایی آمریکا تولید شد که به نام جداول C و R (C and R) شناخته می‌شوند. این جداول به خوبی نیازهای غواصان نیروی دریایی را برآورده کرده و توانستند زیر دریایی F۴ که در عمق ۹۳ متری غرق شده بود، با استفاده از این جداول شناور کنند.

## ۲- مدل لئونارد هیل (Sir Leonard Hill)

در سال ۱۹۱۲ میلادی، لئونارد هیل فرضیه فشار حیاتی خود را معرفی کرد که تئوری هالدین درباره برداشت فشار پله‌ای را به چالش کشید. هیل پیشنهاد داد که برداشت فشار به صورت مداوم و بکپارچه انجام شود و با استفاده از تجربیات و تئوری‌های علمی، فرضیه خود را پشتیبانی نمود. با این حال، اعتبار برنامه‌های برداشت فشار او به‌طور گسترده‌ای مورد بررسی قرار نگرفت و استفاده از جداول برداشت فشار پله‌ای همچنان گسترش یافت.

## ۳- مدل هانسن، شیلینگ و هاوکینز (Hawkins, Shilling & Hansen)

در سال ۱۹۳۰ میلادی، هانسن، شیلینگ و هاوکینز متوجه شدند که نسبت رسیدن به حد اشباع نیتروژن به عوامل مختلفی از جمله زمان از دست دادن نیتروژن بافت‌ها، عمق و زمان غواصی بستگی دارد. یاربرور تحقیقات آن‌ها را توسعه داد و جداول نیروی دریایی آمریکا را مجدداً محاسبه نمود. این جداول تا سال ۱۹۵۷ مورد استفاده قرار گرفت و بعد از آن با معرفی جداول جدید برای غواصی با هوا، به‌روز شد. مدل‌های جدید مانند الگوریتم E-L نیروی دریایی آمریکا به‌طور وسیعی مورد استفاده قرار گرفته و همچنان در حال توسعه هستند.

## ۴- مدل همپل من (Hempleman)

در سال ۱۹۵۸ میلادی، نیروی دریایی انگلستان به تئوری‌های فیزیولوژیست انگلیسی، آقای همپل من، روی آورد. طبق تحقیقات وی، اگر بیماری برداشت فشار در عمق خاصی رخ دهد، آن عضو خاص در آن عمق دچار بیشترین آسیب‌پذیری می‌شود. جلوگیری از اشباع شدن آن عضو از گازهای بی‌اثر می‌تواند از بیماری برداشت فشار جلوگیری کند. برخلاف هالدین که بدن را به صورت یک عضو واحد می‌دید، همپل من بر این باور بود که میزان جذب گاز در بدن با فرمول‌های مشخصی قابل محاسبه است و میزان دفع گاز نیز یک و نیم برابر آهسته‌تر از جذب آن است.

## ۵- مدل ورک من (Workman)

در سال ۱۹۶۵ میلادی، آقای ورک من مفهوم تفاوت فشار Delta P برای فشارهای نسبی گازها را معرفی کرد که ساده‌تر و تطابق بیشتری داشت. او مفهوم M-Value را به عنوان حداکثر میزان تحمل نیتروژن در بافت‌ها معرفی کرد. به منظور بهبود جداول برداشت فشار، همپل من در سال ۱۹۶۸ تغییری برای میزان جذب نیتروژن در بافت‌ها تحت فشار معرفی کرد. با وجود این، نیروی دریایی از نتایج محتاطانه به دست آمده استفاده نکرد. در نهایت، ورک من در سال ۱۹۷۲ جدول جدیدی با سیستم متریک ارائه داد که با تجارب و غواصی‌های زیاد به روزرسانی شده بود.

## ۶- مدل شراینر (Schreiner)

در سال ۱۹۷۱ میلادی، شراینر تغییرات قابل توجهی در محاسبات برداشت فشار ایجاد کرد. او به جای استفاده از محاسبات «بر اساس گاز»، روش‌های «بر اساس بخش» را معرفی کرد. این تغییر به محاسبه دقیق‌تر برای گازهای مختلف و یا مخلوط‌های گازی کمک کرد. جداول محاسباتی جدید نیاز به نگهداری اطلاعات زیادی داشتند و باید سابقه گازها در بخش‌های مختلف را ثبت و با ماتریس حداکثر میزان M مدل ورک من مقایسه می‌کردند. در این بین، برای غواصان، مقادیر «هالف تایم - زمان نیمه» و «میزان M» به عنوان اعداد واقعی شناخته می‌شدند. در حالی که این مقادیر بر اساس مدل‌های ریاضی محاسبه شده بودند.

این محاسبات مدل به طور کامل نمی‌توانست نیازهای غواصی‌های عمیق و طولانی را پوشش دهد، زیرا:

۱. غواصی‌های عمیق و طولانی نیاز به زمان برداشت فشار بیشتری دارند نسبت به آنچه که محاسبه شده است.

۲. تغییر جدول برای حل مشکل اول، محاسبات مربوط به غواصی‌های کوتاه و کم عمق را که خوب عمل می‌کردند را مختل می‌کرد.

۳. برای هماهنگ‌سازی محاسبات هالدین با جداول جدید، نیاز به انجام محاسبات زیادی است.

۴. روش‌های مختلفی برای محاسبه جداول پیشنهاد شده‌اند و هر مدلی که متغیرهای کافی و اطلاعات پایه مناسب داشته باشد، می‌تواند پذیرفته شود.

امروزه غواصان با انواع مختلف جداول و الگوریتم‌های متفاوت روبرو هستند که در کامپیوترهای غواصی آن‌ها برنامه‌ریزی شده‌اند. برخی از این جداول نمونه‌های ساده شده از جداول نیروی دریایی آمریکا هستند و بسیاری از روش‌های کاملاً متفاوت برای مدیریت برداشت فشار را دنبال می‌کنند.

## اولین کامپیوتر غواصی

اولین کامپیوتر غواصی که توانست اطلاعات برداشت فشار واقعی در چندین بافت را محاسبه و ارائه دهد، در کانادا توسط موسسه توسعه و تحقیق نظامی DRDC و تحت هدایت سرهنگ درک کید و فیزیکدان روی استانز تولید شد. اولین نمونه آنالوگ این کامپیوتر در سال ۱۹۶۳ ساخته شد و در سال ۱۹۶۴ در آمریکا و کانادا ثبت گردید.

در سال ۱۹۷۵ میلادی، نمونه کاملاً الکترونیکی به نام Cyber Diver XD-۳ تولید شد. این کامپیوترها اولین کامپیوترهای غواصی الکترونیکی بودند، اما به تولید انبوه نرسیدند و تنها در دسترس نظامیان خاص بودند. تنها بعد از سال ۱۹۸۰ میلادی بود که اولین کامپیوتر غواصی عمومی وارد بازار شد.

## ۷- مدل اسپنسر و هاگینز (Spencer and Huggins)

با پیشرفت‌های صورت گرفته در تجهیزات شناسایی حباب‌ها در خون، دکتر اسپنسر پیشنهاد داد که جداول غواصی بدون برداشت فشار باید مورد بازبینی مجدد قرار گیرند تا شانس ایجاد حباب بعد از غواصی به حداقل برسد. در سال ۱۹۸۱ میلادی، آقای کارل هاگینز، دستیار بخش تحقیقات دانشگاه میشیگان، بر اساس پیشنهاد دکتر اسپنسر، یک سری جدید از جداول تولید کرد که به جداول هاگینز/اسپنسر معروف شدند. این جداول برای الگوریتم‌های اولین کامپیوتر الکترونیکی غواصی عمومی به نام The Edge ساخته شده توسط صنایع اورکا به کار رفت و به طور گسترده بین غواصان محبوب شد.

این موسسه به تحقیقات خود در زمینه تولید جداول جدید، بر اساس یافته‌های نوین حاصل از مطالعات با استفاده از داپلرهای اولتراسونیک، ادامه داد. این جداول به علت تولید کم‌ترین میزان حباب هنگام غواصی مورد استقبال قرار گرفتند و به خصوص برای غواصی‌های عمیق پیشنهاد می‌شوند.

#### ۹-مدل بولمن (Dr. Albert Buhlmann)

مدل محتاط دیگری بر اساس تحقیقات دکتر بولمن، از بخش فیزیولوژی هایپرباریک دانشگاه زوریخ، به وجود آمد. الگوریتم‌ها و جداول به دست آمده از او امروزه به طور بسیار گسترده‌ای در بین تمامی تولیدکنندگان و غواصان محبوبیت دارد و بیشترین کامپیوترهای غواصی ساخته شده بر اساس این الگوریتم‌ها کار می‌کنند. علاوه بر این، این جداول به عنوان مناسب جداگانه مورد استفاده قرار می‌گیرند.

#### ۱۰- مدل گروه حباب‌های کوچک ریز (Tiny Bubble Group)

یک گروه از محققان دانشگاه هلندی مدل گروه حباب‌های کوچک ریز را پیشنهاد دادند. اساس مدل بر تئوری "اگر میزان کل حباب‌های تشکیل شده ناشی از گازهای بی‌اثر از میزان حیاتی خاصی کمتر باشد، غواص در محدوده ایمن قرار دارد" استوار است. بر این اساس جدولی نیز تهیه شد، اما هرگز به اندازه کافی تست نشد. این جداول در مقایسه با جداول نیروی دریایی آمریکا به شدت محتاط هستند.

#### ۱۱- مدل موسسه تحقیقات پزشکی دریایی (NMRI)

مطالعات و تحقیقات دیگری توسط موسسه تحقیقات پزشکی دریایی صورت گرفته است. با توجه به زمان غواصی و عمق غواصی، این موسسه جدولی تهیه نموده که میزان ابتلای غواص به بیماری غواصی را بر اساس یک درصد تا پنج درصد نشان می‌دهد. سوپروایزر غواصی بر اساس اولویت کاری خود نوع ریسک را در نظر گرفته و عمل می‌کند.

#### از کدام جدول باید استفاده کنیم؟

ما برای غواصی باید از کدام جدول استفاده کنند؟ پاسخ بسیار ساده است، استفاده از جدول غواصی سازمان آموزش غواصی خود شماست و باید از جدول پیشنهادی سازمان خود استفاده کنید. اما اگر غواص حرفه‌ای و باتجربه هستید باید جدولی را انتخاب کنید که ایمن و بدون خطر برای شما باشد.

#### اعتبار جداول

برای انتخاب جدول باید به چندین نکته توجه کنید:

۱. نوع جداول و نوع غواصی شما.
۲. برنامه‌ریزی غواصی و برنامه‌های پشتیبان.
۳. انعطاف‌پذیری جداول و امکان تغییر ناگهانی.
۴. میزان تست شدن جداول در تحقیقات و نظرات بعدی درباره آن‌ها.
۵. نکات مثبت و منفی جداول.
۶. راحتی فهمیدن و استفاده با در نظر گرفتن شرایط غواصی و گاز مصرفی.
۷. استفاده از کامپیوترهای غواصی ترجیحاً با جداول مختلف و یا الگوریتم‌های متفاوت.

در دوره های آموزش غواصی، یکی از مباحث اساسی، یادگیری نحوه استفاده از جداول برداشت فشار است. در این دوره ها، مربی باید تئوری های مربوط به این جداول و نحوه استفاده از آن ها را به غواصان آموزش دهد. متأسفانه، بسیاری از غواصان امروزی از وجود این جداول آگاهند، اما از دلیل وجود آن ها بی خبرند. این مسئله در استفاده از کامپیوتر غواصی نیز وجود دارد است. تعداد کمی از غواصان با تمامی قابلیت های کامپیوتر غواصی خود آشنا هستند و کمتر کسی می داند که کامپیوتر یا ساعت غواصی از چه الگوریتمی استفاده می کند و این فرآیندهای محاسباتی چگونه انجام می شود.

#### جداول غواصی

جداول غواصی، پایه و اساس برنامه ریزی برای هر غواصی و کامپیوترهای غواصی هستند. در دوره های آموزش غواصی حتماً با جداول غواصی مربوط به استاندارد سازمان آموزش غواصی خود آشنا شده اید. این جداول برای غواصان با تجربه بسیار حیاتی بوده و تمام برنامه های غواصی اضطراری بر اساس آن ها تعیین می شود. برای غواصان تفریحی و تازه کار، استفاده از این جداول ممکن است سخت و پیچیده به نظر برسد، و غواصان بدون تجربه نمی توانند فاکتورهایی مانند ارتفاع، عمق، سرعت پایین رفتن به عمق و برگشتن به سطح را هنگام برنامه ریزی غواصی در نظر بگیرند. به همین منظور کامپیوترهای غواصی مخصوص غواصان تفریحی طراحی و ساخته شده اند.

#### الگوریتم های کامپیوترهای غواصی

هر کامپیوتر غواصی از یک مدل خاص از جداول غواصی به عنوان عنصر پایه برای محاسبات استفاده می کند. الگوریتم ها با دریافت اطلاعات غواصی مانند عمق و زمان در هر لحظه، میزان ایمنی غواصی را محاسبه کرده و پس از مقایسه با جداول داخلی کامپیوتر، نتایج را به غواص نمایش می دهند.

تولیدکنندگان مختلف الگوریتم های متفاوتی را برای کامپیوترهای غواصی خود استفاده می کنند. معروفترین الگوریتم ها عبارتند از:

**الگوریتم هالدین / اسپنسر (Haldane / Spencer Algorithm):** این مدل بر اساس جداول توسعه یافته توسط راجر و پاول (Rogers & Powell) استوار است و جداول استاندارد PADI نیز بر این اساس می باشند.

**الگوریتم تغییر یافته هالدین (Modified Haldane Algorithm):** این مدل با ایجاد تغییراتی در الگوریتم هالدین / اسپنسر به وجود آمده است.

**الگوریتم مدل حباب کاهش یافته در خون (Reduced Gradient Bubble Model - RGBM Algorithm):** این مدل بر اساس تحقیقات وینکه و همیلتون (Wienke & Hamilton) ایجاد شده است. شرکت سوانتو اولین بار تغییرات این مدل را در کامپیوترهای خود به کار برد. این مدل به میزان میکرو حباب های نیتروژن باقی مانده در خون توجه کرده و از آن ها به عنوان پایه و اساس برای حباب های بزرگتر و مشکلات ناشی از فشار یاد می کند.

تولیدکنندگان امروزی به طور معمول از این مدل ها و یا انواع تغییر یافته آن ها برای کامپیوترهای غواصی استفاده می کنند. نکته قابل توجه این است که کامپیوترهای غواصی با الگوریتم های مختلف ممکن است نتایج متفاوتی در محاسبات داشته باشند. حتی اگر از یک مدل مشابه استفاده کنند. این تفاوت ها به دلیل تغییرات خاص تولیدکنندگان، به خصوص در زمینه محتاط بودن و افزایش حاشیه ایمنی در این مدل ها است.

هر الگوریتم نقاط ضعفی دارد و مهم ترین مشکل آن ها عدم در نظر گرفتن وضعیت فیزیکی فرد است. در حالی که تمام کامپیوترهای غواصی میزان غواصی، عمق، پروفایل غواصی و زمان های استراحت را در نظر می گیرند، هیچ کدام از آن ها میزان ضربان قلب، وزن، استرس و بسیاری از فاکتورهای شخصی فرد را در محاسبات لحاظ نمی کنند. تنها تأثیر شما بر کامپیوترهای غواصی تفریحی، تغییر تنظیمات برای استفاده از الگوریتم های امن تر و محافظه کارانه است.

## ۴- کامپیوتر غواصی با الگوریتم محتاط یا الگوریتم ریسک پذیر

یکی از نکات مهم در مورد کامپیوترهای غواصی، تفاوت در الگوریتم‌های مورد استفاده در آنهاست. این تفاوت‌ها می‌تواند به حدی محسوس باشد که یک کامپیوتر به شما اعلام کند که در محدوده ایمنی قرار دارید، در حالی که کامپیوتر دیگر هشدار دهد که از محدوده ایمنی خارج شده‌اید و باید حتماً ایستگاه‌های برداشت فشار را رعایت کنید، در غیر این صورت دچار بیماری برداشت فشار خواهید شد.

پرسش اصلی این است: کدام کامپیوتر درست می‌گوید؟ آیا یکی از آنها درست و دیگری اشتباه است؟

الگوریتم‌های مورد استفاده در کامپیوترهای غواصی بر اساس مدل‌های تئوری جداول غواصی طراحی شده‌اند. این کامپیوترها بر اساس اطلاعات کلی و تئوری‌های بدست آمده از آزمایشات تأثیر گازهای تنفسی بر بدن انسان تحت فشار، طراحی و تولید می‌شوند و شخصی‌سازی نمی‌شوند.

به همین دلیل، برخی کامپیوترهای غواصی از الگوریتم‌های محتاطانه استفاده می‌کنند و برخی دیگر از الگوریتم‌های ریسک پذیر. این تفاوت باعث نمی‌شود که یک کامپیوتر ایمن‌تر و دیگری غیر ایمن‌تر باشد. شواهدی مبنی بر اینکه غواصان بیشتری به بیماری‌های غواصی دچار شده‌اند هنگام استفاده از کامپیوترهای غواصی با الگوریتم‌های ریسک‌پذیرتر نسبت به کامپیوترهای غواصی محتاط‌تر، وجود ندارد.

### آیا تمامی الگوریتم‌های کامپیوترهای غواصی ایمن هستند؟

به طور کلی، می‌توان به اکثر کامپیوترهای غواصی موجود در بازار اعتماد کرد. این کامپیوترها ایمنی شما را در صورت استفاده در محدوده‌های تعریف‌شده و پیروی از راهنمایی‌های تولیدکنندگان حفظ خواهند کرد. البته، این مشروط به آن است که شما از وضعیت فیزیکی مناسبی برخوردار باشید، آزمایشات پزشکی مربوط به نوع غواصی خود را انجام داده باشید و هیچ بیماری خاصی قبل از غواصی نداشته باشید.

به طور معمول مشکلاتی که برخی غواصان تجربه می‌کنند، به میزان محتاط بودن کامپیوترهای غواصی مربوط نمی‌شود، بلکه به مسائل جانبی دیگری مرتبط است. با این حال، استثنا نیز وجود دارد. مثلاً استفاده یک غواص کم تجربه از جداول برداشت فشار حرفه‌ای و کامپیوتر غواصی مخصوص غواصی تکنیکال می‌تواند مشکل‌ساز باشد. این کامپیوترها نیاز به تعریف دقیق بسیاری از موارد و محدودیت‌ها دارند و از الگوریتم‌های بسیار دقیق استفاده می‌کنند که ممکن است ضریب ابتلا به بیماری‌های غواصی را در غواصان کم تجربه افزایش دهد.

به طور کلی، اگر به علائم، هشدارها و محدودیت‌های کامپیوترهای غواصی توجه کنید و آنها را جدی بگیرید، ایمن خواهید بود. برخی غواصان تصور می‌کنند که برای فریب دادن کامپیوترهای غواصی باید از دو کامپیوتر غواصی به صورت همزمان استفاده کنند و پس از هر غواصی، کامپیوترها را عوض کنند. این کار باعث می‌شود که حافظه و الگوریتم کامپیوترها دچار خطای محاسبه شود و به نوعی تقلب به نظر می‌آید. اگر کامپیوتر غواصی شما نتواند اطلاعات غواصی قبلی شما در همان روز را داشته باشد، قطعاً نمی‌تواند محدودیت‌های ایمنی شما را به درستی تعیین کند و ممکن است دچار مشکل شوید.

در آموزش غواصی، به غواصان توصیه می‌شود که از کامپیوترهای غواصی خود به درستی استفاده کنند و به هشدارها و علائم آنها توجه ویژه داشته باشند تا از بروز مشکلات احتمالی جلوگیری شود.

### آیا واقعا الگوریتم‌های کامپیوترهای غواصی با هم تفاوت دارند؟

الگوریتم‌های کامپیوترهای غواصی هم تفاوت دارند و هم ندارند! به طور کلی، انتظار می‌رود که کامپیوتر غواصی در اولین قدم، هشدارها و اخطارهای لازم برای ایمنی را به شما ارائه دهد تا از محدوده خطر دور بمانید. برای دستیابی به این هدف، باید راهنمایی‌های موجود در دفترچه راهنمای استفاده از کامپیوتر غواصی را دنبال کنید تا از ابتلا به بیماری‌های غواصی و برداشت فشار جلوگیری کنید.



بیشتر غواصان تفریحی به دلیل نداشتن دریا در نزدیکی خود، مجبورند به مکان‌های دورتر و سفرهای ویژه غواصی بروند. این موضوع باعث می‌شود تا آن‌ها برای استفاده بهینه از زمان و بهره‌برداری بیشتر از سفر غواصی خود وسوسه شوند. شما پول زیادی برای رفتن به تعطیلات و غواصی پرداخته‌اید و حتماً می‌خواهید هر چه بیشتر غواصی کنید. در این شرایط، یک کامپیوتر غواصی با الگوریتم محتاط ممکن است شما را ناامید کند.

نورهای غواصی تفریحی معمولاً شامل چند غواصی در روز و به صورت چند روز متوالی در طول هفته است، که این فشار زیادی بر بدن شما وارد می‌کند. در این شرایط، انتخاب الگوریتم مناسب برای کامپیوتر غواصی به صورت کامل به شرایط فردی و تجربه شما بستگی دارد.

قانون کلی این است که اگر جوان هستید و از سلامت فیزیکی خوبی برخوردارید، کامپیوترهای غواصی با الگوریتم‌های ریسک‌پذیرتر می‌توانند برای شما مناسب باشند. اما اگر سن بالاتری دارید و از نظر فیزیکی به ویژه دچار اضافه وزن هستید، برای حفظ ایمنی بهتر است از کامپیوترهای غواصی با الگوریتم‌های محتاط استفاده کنید تا از محدوده خطر دور بمانید.

تجربه نیز نقش مهمی در تصمیم‌گیری‌های غواصی دارد. غواصان باتجربه می‌دانند که حتی با استفاده از کامپیوتر با الگوریتم محتاط، باید به هشدارها و خطرات توجه کنند و برنامه غواصی خود را بر اساس آن‌ها تنظیم کنند. در مقابل، غواصان تازه‌کار ممکن است بخواهند از هر تانیه زیر آب استفاده کنند و در نتیجه توجه کمتری به هشدارها داشته باشند. این بدان معنی نیست که غواصان تازه‌کار همواره در حال ریسک کردن هستند، اما تجربه و اعتماد به نفس حاصل از آن می‌تواند توانایی تشخیص و واکنش به هشدارهای کامپیوترهای غواصی را بهبود بخشد.

در آموزش غواصی، تأکید بر درک صحیح از عملکرد کامپیوترهای غواصی و الگوریتم‌های آن‌ها، به همراه توجه به هشدارها و برنامه‌ریزی مناسب، برای حفظ ایمنی و موفقیت در غواصی اهمیت زیادی دارد.

### آیا شما می‌توانید الگوریتم کامپیوتر غواصی را تغییر دهید؟

بیشتر کامپیوترهای غواصی این امکان را دارند که تنظیمات آن‌ها به حالت محتاط تغییر یابد. این تنظیمات برای محاسبه هشدارها و خطرات استفاده می‌شوند. در حالی که کامپیوترهای غواصی معمولی تنظیمات ساده‌ای دارند، کامپیوترهای غواصی تکنیکال گزینه‌های زیادی برای تنظیمات پیچیده در اختیار شما قرار می‌دهند. با این حال، درک نحوه عملکرد این تنظیمات ممکن است برای بسیاری از غواصان دشوار باشد.

به عنوان یک غواص، باید با جداول برداشت فشار آشنا باشید و برای استفاده صحیح از کامپیوتر غواصی، دفترچه راهنمای آن را به دقت مطالعه کنید. شناخت کامل از تمام گزینه‌ها و تنظیمات کامپیوتر به شما کمک می‌کند تا به راحتی از آن استفاده کنید. همچنین، باید قادر باشید تنظیمات مورد نیاز برای هر غواصی را به درستی تنظیم کرده و پس از غواصی آن‌ها را مرور کنید. آشنایی با هشدارها و خطرات و درک صحیح معانی آن‌ها نیز بسیار مهم است. قطعاً شب قبل از غواصی زمان مناسبی برای این کارها نیست.

### انواع مختلف الگوریتم کامپیوتر غواصی

همان‌طور که ذکر شد، الگوریتم‌های مختلفی برای کامپیوترهای غواصی وجود دارد که به دو دسته اصلی تقسیم می‌شوند:

#### الگوریتم‌های بر پایه Pelagic Z+

این الگوریتم‌ها به‌طور سنتی بر اساس واریانت‌های مختلف مدل کاهش حباب‌ها (RGBM (Reduced Gradient Bubble Model) طراحی شده‌اند. کامپیوترهای غواصی که بر پایه این الگوریتم‌ها ساخته می‌شوند، در مدل‌های پایه امکانات کمتری برای تنظیمات در اختیار غواص قرار می‌دهند و به‌طور کلی محتاط‌تر هستند. برندهایی مانند سانتو (Suunto)، کریسی (Cressi)، مارس (Mares)، اتمیک (Atomic)، آکوالانگ (AquaLung) اوشنیک (Oceanic) از این الگوریتم‌ها استفاده می‌کنند و به جداول RGBM موجود یا جداول مخصوص خود تکیه دارند.

این الگوریتم‌ها آزادی بیشتری را برای تنظیمات در اختیار غواصان قرار می‌دهند و به‌ویژه برای کامپیوترهای غواصی تکنیکال طراحی شده‌اند. کامپیوترهای غواصی مانند آریس (Aeris)، شروود (Sherwood)، جنسیس (Genesis)، توسا (Tusa) و برخی مدل‌های اوشنیک (Oceanic)، اکثر کامپیوترهای غواصی تکنیکال مانند وی‌آر (VR) و شیرووتر (Shearwater)، از این الگوریتم‌ها بهره می‌برند.

برخی تولیدکنندگان کامپیوترهای غواصی، به‌منظور ایجاد هماهنگی بیشتر با کامپیوترهای دیگر، امکان تنظیم الگوریتم‌های مختلف را فراهم می‌کنند. این قابلیت به غواصان در گروه‌هایی که از مدل‌های متفاوت استفاده می‌کنند، انعطاف‌پذیری بیشتری می‌دهد و تجربه غواصی بهتری را به همراه دارد.

الگوریتم‌های بر پایه DSAT معمولاً امکانات بیشتری را ارائه می‌دهند و این امر می‌تواند باعث افزایش هزینه این مدل‌ها شود. الگوریتم DSAT خود به دو دسته اصلی تقسیم می‌شود Modified Haldane DSAT و Pelagic DSAT

### کامپیوتر غواصی با دو الگوریتم

برخی کامپیوترهای غواصی دارای دو نوع الگوریتم برنامه‌ریزی شده به‌طور هم‌زمان هستند. یکی از این الگوریتم‌ها برای غواصی‌های طولانی‌تر و عمیق‌تر با فواصل طولانی‌تر بین غواصی‌ها طراحی شده، و دیگری برای انجام غواصی‌های مکرر با فواصل استراحت کوتاه‌تر در سطح. شما می‌توانید با توجه به نوع غواصی و هماهنگی با کامپیوتر غواصی همراه خود، انتخاب کنید که کدام الگوریتم را استفاده نمایید. دو الگوریتم متداول بر اساس مدل‌های مختلف برداشت فشار عبارتند از:

### الگوریتم Pelagic DSAT

این الگوریتم بر اساس تحقیقات انجام شده بر روی جداول غواصی تفریحی PADI RDP که از جداول غواصی نیروی دریایی آمریکا اقتباس شده و برای غواصان تفریحی توسعه یافته، تولید شده است. بسیاری از تولیدکنندگان دیگر نیز از این الگوریتم در کامپیوترهای غواصی خود استفاده می‌کنند.

### الگوریتم Pelagic +Z

این الگوریتم بر اساس جداول بولمن ZHL-16c طراحی شده و هدف آن افزایش زمان غواصی ایمن و کاهش زمان بین دو غواصی برای انجام غواصی‌های تکراری است. این الگوریتم فاکتورهای مختلفی از جمله سردی آب و ارتفاع را در محاسبات خود در نظر می‌گیرد و شباهت زیادی به الگوریتم‌های مبتنی بر RGBM دارد.



گردآوری، تألیف و ترجمه: سعید پروین

مركز غواصی بین‌المللی مارینا [www.IranMarina.com](http://www.IranMarina.com)

استفاده از مطالب این مقاله به‌شرط امانت‌داری و رعایت اخلاق حرفه‌ای (درج منبع و نویسنده) آزاد می‌باشد