بیونیک؛ لنزی از جنس مهندسی برای کشف ایده‌های نو

انوشه مهذبی[1]، مهسا خزانه‌داری[2]

۱ کارشناس مهندسی مکانیک، گروه مکانیک، دانشکدهٔ فنی ولیعصر تهران، تهران anoosheh.mohazzabi@yahoo.com

۲ کارشناس ارشد زیست‌شناسی، گروه زیست‌شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۱/۱۷

چکیده

بیونیک دانش الگوبرداری از ساختارها و نظام‌های طبیعی برای خلق ایده‌های نو و بهبود و ارتقای سطح فناوری است. امروزه مهندسان و زیست‌شناسان در کنار هم به استخراج ایده‌های طبیعی و کاربردی‌نمودن عملکرد آنها در شاخه‌های گوناگون مهندسی می‌پردازند. بهره‌گرفتن از دستاوردهای بیونیک در زمینه‌های گوناگونی چون طراحی، معماری، مهندسی پزشکی و مکانیک از جمله مهمترین پیشرفت‌های سالیان اخیر در راستای ارتقای فرایند طراحی محسوب می‌شود. در این مقاله نمونه‌ای از تحقیقات اخیر در زمینهٔ مکانیک مدلسازی یک قایق ضد طوفان مبنی بر ساختار و عملکرد اندام‌های حرکتی حشرهٔ آب‌سوار بررسی شده است. بدون شک لازم است جامعهٔ پژوهشگران براساس شناخت دقیق پدیده‌ها و موجودات، روند الگوگیری از طبیعت را عمیق‌تر نمایند و این شناخت را به حوزه‌های وسیع‌تری گسترش دهند. این مقاله در راستای ایجاد بستری مناسب جهت ترویج دانش بیونیک در ایران و شکل‌گیری ایده‌های نو در این زمینه گام برمی‌دارد.

واژگان کلیدی: بیونیک، الهام‌گیری از طبیعت، حشرهٔ آب‌سوار[1]

۱. مقدمه

مرزهای دانش و فناوری روزبه‌روز در حال گسترش است. در گذشته علم و مباحث مربوط به آن کاملاً بدوی و ساده مورد بحث و مطالعه قرار می‌گرفت، تا آنکه به‌مرور به‌سمت تخصصی‌شدن پیش رفت و سبب ظهور رشته‌های جدید شد. پیشرفت واقعی تنها از یک دید ترکیبی به‌وجود می‌آید. اختراع حاصل ارتباط عوامل گوناگونی است که قبلاً با هم ارتباطی نداشته‌اند، حال اگر متخصصان گردهم آیند نتایج ثمربخشی به‌دست می‌آید؛ زیرا به‌جای یک فکر که می‌کوشد تا همه چیز را به چنگ آورد، سازمانی از افکار وجود خواهد داشت که با هم بر دانش خود می‌افزایند. این حالت به مثال گردهم‌آیی چندین متخصص در رشته‌های گوناگون است که قادر است شکل‌گیری دانش بین‌رشته‌ای جدید و یافته‌هایی نو را شامل شود. نخستین اصلی که در این جلسات باید در نظر گرفته شود، این است که متخصصان رشته‌های گوناگون همدیگر را درک کنند. برای این متخصصان تبادل افکار همیشه کار ساده‌ای نیست، اما در هر حال باید این کار را انجام دهند؛ در این مسیر تلاش مداوم و

پیگیر ایشان لازم و ضروری است. اما اهداف و علایق مشترک آنها را در طرح‌ریزی شالوده‌ای برای بررسی‌های بیشتر یاری خواهد داد. اساسی که همه با هم بنیان می‌گذارند علم رابط علوم مختلف[۲] نامیده می‌شود. در این حوزه از برخورد اندیشه‌ها، افکار تازه و پیشرفت‌های خاصی حاصل می‌شود. بیونیک[۳] از جملهٔ این علوم است [۱].

بیونیک برآمده از دو واژهٔ بیولوژی به‌معنای زیست‌شناسی و تکنیک به‌معنای فن است [۲]. این واژه نخستین‌بار توسط جک ای. استیله[۴]، افسر هوانوردی نیروی هوایی امریکا، به‌کار برده شد. هدف از ابداع نام بیونیک، شناساندن آن به‌عنوان حوزهٔ جدیدی از دانش بود. استیله تعریف واضحی از بیونیک ارائه کرده است: بیونیک علم سیستم‌هایی است که شالودهٔ آنها سیستم‌های زنده‌اند، یا ویژگی‌های سیستم‌های زنده را دارند، یا به سیستم‌های زنده می‌مانند. البته می‌توان تعریف خلاصه‌تری نیز برای این شاخه از دانش ارائه داد: بدین صورت که بیونیک عبارت است از هنر به‌کار گرفتن دانش سیستم‌های زنده برای حل مسائل فنی. محققان بسیاری بیونیک را تعریف کرده‌اند؛ به‌عنوان مثال جانین بنیوس[۵] بیونیک را علم مطالعهٔ مدل‌های طبیعی و الهام‌گیری از این طرح‌ها و فرایندها برای رفع مشکلات انسانی می‌داند. البته لازم است مفهوم الهام‌گیری از کپی‌برداری از طبیعت متمایز گردد. این مسئله بسیار مهم است که باید مشکل را از دید مهندسی بررسی کرد و سپس ایده از طبیعت اتخاذ نمود؛ این موضوع به پیشرفت و توانایی مهندسی بیونیک کمک می‌کند. از زمان ظهور حیات روی کرهٔ زمین، طبیعت، ساختارها و نظام‌های زیست‌شناختی در حل مسائل مهندسی نقش داشته است. دلیل آن نیز این است که طراحی و عملکرد گیاهان و جانوران در فرایند تکاملی طی میلیون‌ها سال بهینه شده است. از جمله بهترین طرح‌های شناخته‌شده از علم بیونیک اثر لئوناردو داوینچی، نقاش معروف، است که ماشین پرنده را براساس ساختمان بدن یک خفاش طراحی کرد [۱]. همچنین می‌توان از کارهای ایگو اتریچ و اگنازیو[۶] یاد کرد. آنها اولین هواپیمای بی‌موتور سبک را با الهام از ساختار دانه‌های بازدانگان[۷] ساختند. طراحی پولک‌های مخروط کاج، قابلیت طی‌کردن مسافت‌های زیاد به‌کمک باد را به این دانه‌ها می دهد [۳]. در سال‌های اخیر نیز الگوگیری‌های زیادی از طبیعت انجام شده است و در حال حاضر همایش‌های متعددی در این زمینه برگزار می‌شود که از آن جمله می‌توان به همایش طبیعت و طراحی[۸] اشاره کرد [۴]. همچنین پس از برگزاری چند دوره همایش جهانی بیونیک در چین، انجمن جهانی بیونیک[۹] در سپتامبر ۲۰۱۰ با نام اختصاری آی. اس. بی. ایی.[۱۰] در این کشور تأسیس شد. هدف اصلی از تأسیس این انجمن، ایجاد ارتباط نزدیک‌تر بین صاحب‌نظران و دانشمندان علم بیونیک در سراسر جهان، گسترش روش‌های آموزشی و انتقال تجربیات در زمینهٔ بیونیک است. هم‌اکنون این انجمن با بیش از ۱۵ کشور جهان (شامل آلمان، انگلیس، ایالات متحده، روسیه، کانادا، ژاپن و جز این‌ها) از طریق دانشگاه‌ها، مؤسسات آموزشی، مجلات تخصصی و شرکت‌ها در ارتباط می‌باشد [۵].

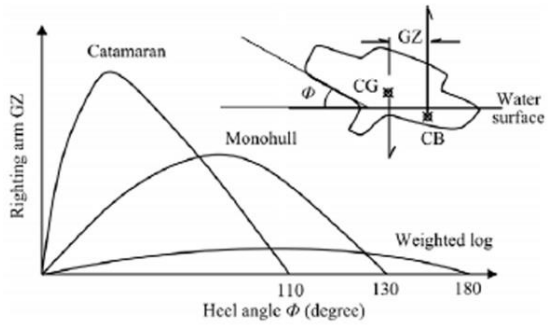
از جمله کشورهای بسیار فعال در این حوزه آلمان است که در ارتباطی تنگاتنگ با این انجمن به برگزاری سمینارها، دوره‌های آموزشی و حمایت از شرکت‌های مهندسی فعال در زمینهٔ بیونیک می‌پردازد. شرکت آلمانی فستو[۱۱] به‌عنوان یکی از پیشگامان فناوری اتوماسیون، نمونه‌ای از این شرکت‌هاست. مبنای کار این شرکت تولید تجهیزات و آموزش اتوماسیون با رویکرد فناوری‌های نوین و الهام از طبیعت در جهت ارائهٔ انگیزه‌های جدید در فناوری و کاربردهای صنعتی ساخت است. در حال حاضر فستو یکی از پیشگامان عرصهٔ بیونیک محسوب می‌شود [۶]. علم بیونیک به‌دنبال کپی‌کردن یا تقلید از طبیعت نیست. هدف این شاخه از دانش الگوبرداری صحیح از دانسته‌های برگرفته از طبیعت است [۲]. این علم در زمینه‌های مختلفی از جمله علم کامپیوتر، پزشکی، داروسازی، سیاست، تجارت، معماری، مکانیک و جز این‌ها کاربرد دارد. در این مقاله، نویسندگان جنبهٔ مکانیکی این علم مد نظر قرار گرفته و سعی شده است که با معرفی دو نمونه از تحقیقات اخیر در این حوزه، بستر لازم در جهت ایجاد فضایی مناسب، مبنی بر شناخت و توسعهٔ این رشته در ایران و شکل‌گیری رویکرد و مدل‌های ذهنی جدید را فراهم کنند.

۲. طراحی قایق ضد طوفان براساس هندسه و حرکت حشرهٔ آب‌سوار

۲-۱. معرفی جانور الگو، مدل و قوانین حاکم بر طراحی

به هر جسم شناور دو نیرو وارد می‌شود: نیروی جاذبه و نیروی شناوری. جسم شناور همیشه تمایل به غلتیدن دارد، از اینرو

یکی از مهم‌ترین اصول طراحی قایق‌ها این است که مرکز ثقل قایق باید در بالای مرکز شناوری باشد. تا زمانی‌که بدنهٔ قایق تمایل به غلتیدن دارد، ثبات رول جسم شناور، حاصل از گشتاور این دو نیرو، شبه‌پایداری را حاصل می‌کند و قایق را به نقطه تعادل بازمی‌گرداند (شکل ۱).



شکل ۱. مقایسهٔ منحنی‌های پایداری قایق‌های کاتاماران[۱۲] مونوهال[۱۳] و ویتد لاگ[۱۴]. محور عمودی فاصلهٔ افقی بین مرکز ثقل و مرکز نیروهای شناوری قائم، محور افقی زاویهٔ پاشنه

گفتنی است نیروی شناوری برایند مجموعه نیروهای توزیع شده است که روی کل بدنه اعمال می‌شود. میزان و جهت این بارها مستقیماً بستگی به شکل و بدنه دارد و برخی محدودیت‌ها را در طراحی و ساخت ایجاد می‌کنند. در نتیجه اجسام از نیروهای شناوری توزیع‌شده برای ماندن روی سطح آب استفاده می‌کنند. اما حشرهٔ سبک و کوچکی به نام آب سوار از نیروهای کششی - سطحی به‌صورت دافعه متمرکز برای ثبات شناوری خود استفاده می کند. در این بخش قایق پایه‌دار یا قایق ضد طوفان[۱۵]، که با الهام از حرکت و هندسهٔ حشرهٔ آب‌سوار طراحی شده، معرفی و بررسی شود. این مدل جدید از نیروهای متمرکز و سیستم تعادلی استفاده کرده و با پمپ‌های الکترونی یا دستگاه‌های متعادل‌کنندهٔ مکانیکی کنترل می‌شود. در نتیجه عملکرد بهتری نسبت به قایق‌هایی چون اسواث[۱۶]، کاتاماران و جز این‌ها دارد. همچنین بازوهای طولانی و نامتقارن آن امکان مقاومت در برابر شدت امواج را فراهم می‌کند.

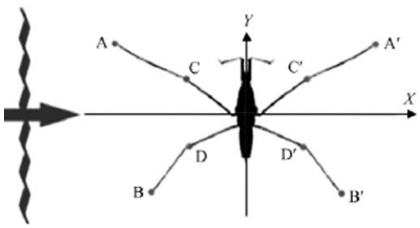
۲-۲. هندسه و حرکت حشرهٔ آب‌سوار

۲-۲-۱. نیروهای متعادل‌کنندهٔ متمرکزشده

روش‌های عمومی طراحی قایق براساس توزیع مناسب نیروهای شناوری، ثبات رول، ثبات فرم (مربوط به زاویهٔ پاشنه در طراحی بدنهٔ قایق) می‌باشد. مطابق شکل ۱ پایداری و حفظ تعادل قایق روی آب به عواملی چون گشتاور نیروهای جاذبه و شناوری وابسته به شکل بدنه و توزیع نیروهای شناوری وابسته است؛ اما در مقابل حشرهٔ آب‌سوار فاقد قسمت شناوری است و تنها از نیروهای متعادل‌کننده و دافعه مؤثر کشش‌های سطحی، که در نوک بازوها متمرکز شده‌اند، بهره می‌برد. ایدهٔ متمرکزسازی نیروهای متعادل‌کننده براساس خواص این حشره حالت‌هایی را ایجاد می‌کندکه مستقل از زاویهٔ پاشنه خواهند بود و در این طرح بدنهٔ قایق با سطح آب هیچ برخوردی نخواهد داشت. در نتیجه نیروهای متعادل‌کنندهٔ متمرکزشده در پایه‌ها عهده‌دار حفظ تعادل در قایق می‌باشند.

۲-۲-۲. نامتقارنی بازوها و حرکت یکنواخت در امواج

نامتقارنی بازوهای عقب و جلوی حشرهٔ آب‌سوار از برخورد همزمان امواج به بازوها جلوگیری می‌کند. برای مثال وقتی یک تک موج از طرف چپ وارد گردد، مطابق شکل۲، نقاط A، B، C و D به‌ترتیب در زمان‌های مختلف تحت تأثیر قرار می‌گیرند، بنابراین ارتفاع بدنهٔ اصلی که میانگین ارتفاع بازوان است مانند قایق‌های رایج تحت تأثیر شدت امواج واقع نمی‌گیرد.



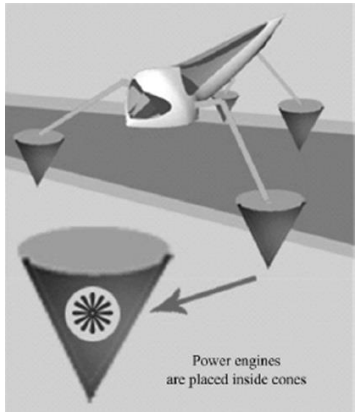
تصویر ۲. تماس یک تک‌موج خطی و نوک بازوهای حشرهٔ آب‌سوار

۲-۲-۳. اثر طول و کشش بازوها و کاهش اثر امواج

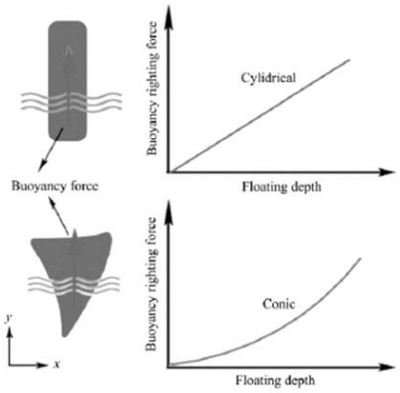
مقاومت کل یک جسم متحرک روی سطح آب دارای چندین مؤلفه مانند مقاومت ایجادشدهٔ امواج، مقاومت اصطکاکی پوسته، فشار ویسکوز، مقاومت هوا و مقاومت زائد است. مطالعهٔ حشرهٔ اب‌سوار نشان می‌دهد که بازوهای بلند و زاویه‌دار بدنهٔ اصلی حشره را از تماس مستقیم با امواج و آشفتگی‌های آب حفظ کرده و در نتیجه مقاومت ایجادشده توسط موج، مقاومت اصطکاکی پوسته و مقاومت فشاری ویسکوز به‌طور کامل از بین می‌روند.

۳. بررسی مفهوم قایق پایه‌دار

با الهام از هندسه و حرکت حشرهٔ آب‌سوار، ایدهٔ قایق پایه‌دار به‌عنوان مدلی جدید برای طراحی ارائه می‌شود. نیروهای متعادل‌کنندهٔ قابل کنترل و متمرکز، نامتقارنی بازوها و بسطادادن بدنهٔ اصلی قایق سه ویژگی عمده از این مفهوم‌اند. قایق پایه‌دار جسم شناور چهاربازویی است. بازوهای نامتقارن بدنهٔ اصلی قایق را بالای سطح آب حمل می‌کند. این بازوها به موتورهایی برای ایجاد نیرو حرکت مجهزند (شکل ۳). وقتی جسمی شناور کوچک باشد، نیروهای کشش سطحی جوابگو خواهد بود، اما با افزایش ابعاد و وزن جسم، از نیروهای بخش مکانیکی شناور و قدرت الکترونیکی برای تولید نیروهای توازن قائم به‌جای نیروهای کشش سطحی استفاده می‌شود. چهار بخش مکانیکی برای تولید نیروهای توازن رو به بالا متناسب با عمق شناوری در انتهای بازوها قرار داده شده است. طراحی هندسی این بخش رابطهٔ بین نیروی روبه بالا و ثابت رول را تعریف می‌کند. برای مثال نیروی شناوری متوازن‌کنندهٔ خطی خواهد بود، اگر بخش شناوری استوانه‌ای باشد و در صورتی که بخش شناوری مخروطی باشد متناسب با مرتبهٔ دوم از عمق می‌باشد (شکل ۴).



شکل ۳. موتور محرک داخل بخش‌های شناور در سیستم کنترل‌کنندهٔ مکانیکی



شکل ٤. مقایسهٔ بین فرم‌های مخروطی و استوانه‌ای

محور عمودی نیرو قائم شناوری و محور افقی عمق شناوری

آرایش نامتقارن بازوها خاصیت نه‌تنها تأثیر امواج آب را به‌حداقل میرساند، که با تجهیزکردن هر بازو با یک موتور الکترونیکی، قایق پایه‌دار نامتقارن می‌تواند در تمام جهات حرکت کند. ویژگی دیگر از قایق پایه‌دار بسطادادن بدنهٔ اصلی قایق است. وقتی بدنهٔ اصلی قایق هیچ تماس مستقیمی با سطح آب ندارد، مقاومت امواج، مقاومت اصطکاکی پوسته و مقاومت فشاری ویسکوز حذف می‌گردد. لازم به‌ذکر است که مقاومت هوا و مقاومت زائد در صورتی که مدل جدید از قایق‌های پایه‌دار به‌صورت ائرودینامیکی طراحی گردند، کاهش می‌یابند [۷].

٤. جمع‌بندی

ایدهٔ جدید در جهت طراحی یک قایق پایه‌دار مبتنی بر مشخصه‌های هندسی و حرکتی حشرهٔ آب‌سوار با ویژگی ثبات رول که با نیروهای روبه بالای متمرکز در نوک بازوهای حشره می‌گردد. این نیروها با سیستم های متعادل کننده مکانیکی یا الکترونیکی کنترل می‌گردند. نامتقارنی بازوهای جلویی و عقبی که واکنش‌های مقاوم موجی را فراهم می‌کنند و طول بازوها که بدنه را بالای سطح آب نگه داشته و از برخورد آب به بدنهٔ اصلی به‌صورت مستقیم جلوگیری می‌کند از دیگر ویژگی‌های این قایق است. همچنین حشرهٔ آب‌سوار امکان طراحی آزاد بدنه (مفهوم هنری) را فراهم می‌سازد. مقاومت در برابر امواج و ثبات رول افزایش یافته سبب می‌شود قایق پایه‌دار در شرایط بد دریایی منحصر به‌فرد بوده و به‌عنوان یک قایق نجات امن در نظر گرفته شود.

۵. نتیجه‌گیری

بیونیک به‌عنوان یک علم رابط، راه تازه‌ای است برای نگریستن به مسائل موجودات زنده و ماشین‌ها از طریق گردآوری

پژوهش‌های زیست‌شناسان، روانشناسان، ریاضی‌دانان و مهندسان. این رشته محدود به رشته‌ای خاص نیست، بلکه برای دامنهٔ گسترده‌ای از مسائل قابل اجراست، این دامنه با سرعت زیاد روبه توسعه است، در حالی‌که در علوم تخصصی موضوع ویژه‌ای با تفصیل هرچه بیشتر مورد بررسی قرار می‌گیرد. بیونیک ماحصل گردهم‌آوری فعالیت‌های تحلیلی زیست‌شناسان و تلاش‌های سازندهٔ مهندسان است. این علم رفتار سازوکارهای زنده را به‌طور منظم بررسی می‌کند به‌نحوی‌که از اصول کشف‌شده می‌توان در سیستم‌های ساختهٔ دست انسان استفاده کرد. اگر قرار باشد متخصصان رشته‌های گوناگون مانند زیست‌شناسی و مهندسی یکدیگر را درک کنند، باید زبان مشترکی پیدا کرد؛ این زبان مشترک بیونیک است. متأسفانه این زبان مشترک در ایران بسیار نوپاست و مورد غفلت از طرف محققان قرار گرفته است. از دیدگاه نویسندگان عواملی که سبب بروز شرایط حاضر شده است شامل شناخت و آگاهی ناکافی از پهنای وسیع علم بیونیک، عدم همکاری و ارتباط رشته‌های دانشگاهی، فقدان برگزاری گردهمایی‌ها، همایش‌ها و هم‌اندیشی‌های سالانهٔ بین‌رشته‌ای و نبود امکانات و تجهیزات آزمایشگاهی لازم و در نهایت ایجاد شکاف‌های زیاد بین ایده تا اجرا. متاسفانه به‌علت وجود این قبیل مشکلات بسیاری از ایده‌های نو دانشجویان فعال در این زمینه برای همیشه به‌صورت فرضیه در قالب یک طرح باقی می‌ماند. برای احیای دوباری این طرح‌ها به همکاری مؤسسات، دانشگاه‌ها و دولت نیاز است. ترویج و پاگرفتن علم بیونیک در ایران به یقین برطرف‌کنندهٔ بسیاری از مشکلات در زمینه‌های مختلف خواهد شد. از جمله مشکلات حاضر بحران‌های زیست محیطی است که عدم توجه به جایگاه طبیعت در زندگی انسان متجدد امروزی، آن را منجر شده است. در حقیقت این بحران بدون شکوفاشدن و تولد معنوی دوبارهٔ انسان مدرن امروزی قابل اصلاح نمی‌باشد. رفع این بحران‌ها تأمل عمیق، تلاش و پیگیری‌های بسیاری از سوی دانشجویان، اساتید دانشگاهی و مسئولان را می‌طلبد. می‌توان گفت که با بزرگ‌شدن علم بیونیک در ایران توجه به‌سمت طبیعت نیز معطوف می‌شود و این خود عاملی بسیار مهم در جهت تمرکز بیشتر به شرایط تأسف‌بار محیط زیست می‌شود. از دیگر مزایای ترویج این علم در همین حوزه، ریشه در علم خودشناسی دارد در واقع در این شرایط امکان برگشت انسان به اصل خود مهیا می‌شود. به‌طور کلی پیشرفت علم بیونیک سبب آشکارشدن بسیاری از مشکلات فراموش‌شده در حوزه‌های مختلف و همزمان رشد این حوزه‌ها می‌شود. تنها در این شرایط است که می‌توان آینده‌ای را متصور شد که در آن بیونیک نقش مهمی را در رفع مشکلات بشری ایفا کند و می‌توان گفت با افق‌های تازه‌ای که نمودار می‌شود، تردیدی نیست که نقش بیونیک در آینده بیش از پیش خواهد بود.

٦. مآخذ

[۱] ژراردن. ل. *بیونیک*، ترجمه محمود بهزاد و پرویز قوامی، تهران: صداوسیما جمهوری اسلامی ایران (سروش)، ۱۳۸۹.

[۲] گلابچی، م.، م. خرسند نیکو. *معماری بایونیک*، تهران: دانشگاه تهران، ۱۳۹۳.

[3] Hirschel, E. H., H. Prem, G. Madelung. “Aeronautical research in Germany: from Lilienthal until today." Springer Science & Business Media, 2003.

[4] Wessex Institute of Technology, http://www.wessex.ac.uk (accessed January 2, 2016).

[5] The International Society of Bionic Engineering, www.isbe-online.org (accessed January 1, 2016).

[6] Festo, www.festo.com (accessed January 12, 2016).

[7] Ghasseminia, A. S., A. Faraji. "Storm Resistant Boat Designing Based on the Geometry and Movement of Water Strider." *Journal of Bionic Engineering*, 5, 2008, pp. 87-90.

پی‌نوشت

1. water strider
2. cross-roads science
3. bionic
4. Jack E. Steele
5. Janine Benyus
6. Igo Etrich & Ignazio

۷. بر خلاف دیگر گیاهان بدون گل، بازدانگان (Gymnosperms) دارای دانه‌اند. از جمله فراوان‌ترین گونه‌ها گروه کاج‌ها هستند که دانه‌های خود را داخل مخروط کاج تولید می‌کنند. بازدانه‌ها همچنین شامل سرخس‌های نخلی، درخت معبد و یک نوع گیاه عجیب صحرایی به نام ول‌ویچیا هستند [ویراستار].

8. Nature & Design
9. The International Society of Bionic Engineering
10. ISBE
11. FESTO
12. Catamaran
13. Monohull
14. Weighted log
15. storm resistant boat
16. Swath