



## آموزش ژنتیک فراتر از کتب درسی زیست‌شناسی دبیرستان

\* فیروزه علویان<sup>۱</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۰۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۱۹

صفحه ۳۷ تا ۵۲

### چکیده:

آموزش ژنتیک به شکل فراتر از کتب درسی زیست‌شناسی به منظور آماده‌سازی دانش‌آموزان برای شرکت در بحث‌های آگاهانه در مورد آینده تحقیقات ژنتیک و چگونگی تأثیر برنامه‌های آن بر سلامت انسان و محیط زیست ضروری است. مقاله حاضر از نوع مروری است و اطلاعات جمع‌آوری شده بر اساس کلمات کلیدی آموزش، ژنتیک، وبسایت، دانش‌آموز، زیست‌شناسی و پایگاه داده‌ها از سایت‌های گوگل، گوگل اسکولار و Science Direct استخراج شده است. مقالات بررسی شده در این تحقیق مربوط به سال‌های ۱۹۸۸ تا ۲۰۲۱ هستند. هدف این مقاله معرفی منابع آموزشی تکمیل‌کننده مبحث ژنتیک کتب زیست‌شناسی دبیرستان است که به صورت آنلاین در دسترس هستند و دانش‌آموزان رشته علوم تجربی دوره دوم متوسطه می‌توانند در فعالیت‌های تحقیقاتی - سلامتی آینده‌نگر از آن‌ها بهره‌مند شوند. به کمک این منابع، امکان توصیف یک رویکرد یکپارچه برای آموزش ژنتیک فراهم می‌شود، بر ضرورت افزایش دامنه اطلاعات دبیران زیست‌شناسی و مشارکت متخصصان ژنتیک و بهداشت در تأمین منابع آموزشی تأکید می‌شود.

**کلمات کلیدی:** آموزش ژنتیک، وبسایت، دانش‌آموز، زیست‌شناسی، پایگاه داده‌ها.

## مقدمه و بیان مسئله

طی چند دهه گذشته، علم ژنتیک چه از نظر وسعت دانش؛ و چه از نظر فناوری‌های توسعه‌یافته، رشد زیادی کرده است. درک بیشتر ژنتیک توسط معلمان، دانش‌آموزان و متخصصان بهداشت نه تنها گفت و گو در مورد ابزارها و فن‌آوری‌های جدید مرتبط با این رشته را بهبود می‌بخشد، بلکه به آماده‌سازی دانشمندان نسل بعدی و اطمینان از استفاده مناسب از کاربردهای ژنتیکی در پزشکی نیز کمک می‌کند (تام و تود، ۲۰۲۰). با توجه به اهمیت ژنتیک برای سلامت جامعه، کمبود دانش مربوطه نگران‌کننده است (لانی و همکاران، ۲۰۰۴). در چندین نظر سنجی توسط گروه‌های متمرکز و ارزیابی‌های رسمی، سطح پایین درک واژگان و مفاهیم ساده ژنتیک در بین عموم مردم ثبت شده است (مسترز، آووسز و دی وریز، ۲۰۰۵). با این وجود، اگرچه بسیاری از افراد مورد بررسی نتوانستند بین ژن‌ها، کروموزوم‌ها و AND تمایز قائل شوند، اما بیشتر پاسخ‌دهندگان به آزمایش‌های مرتبط با ژنتیک و آشنایی با تأثیر ژنتیک بر روی سلامت آینده افراد جامعه علاقه‌مند بودند (کوکوشویلی و همکاران، ۲۰۱۷). در گزارشی دیگر، دانش کمی راجع به ژن‌درمانی؛ اما نگرش مثبت نسبت به کاربرد ژن‌درمانی برای درمان بیماری‌های جدی و پیشرفت در تحقیقات ژن‌درمانی گزارش شده است (تام و تود، ۲۰۲۲؛ تروست، ۵۰۰۲). اطلاعات مربوط به علم ژنتیک در بین دانش‌آموزان نیز معمولاً بسیار محدود است (ساباتلو، ۲۰۱۸). در سال ۲۰۰۰، ارزیابی ملی پیشرفت آموزشی (PEAN)<sup>۲</sup> بررسی علمی مبحث ژنتیک را روی ۹۴۰۰۰ دانش‌آموز سال آخر دبیرستان انجام داد. به‌طور متوسط، فقط ۳۰٪ از دانش‌آموزان کلاس دوازدهم تجربی می‌توانستند به‌طور کامل یا جزئی به سؤالات مربوط به ژنتیک به‌درستی پاسخ دهند، در حالی که ۷۰٪ می‌توانستند پاسخ‌های تقریباً صحیح در مورد انتقال ایدز ارائه دهند. این نتیجه معرف اطلاعات عمومی بیشتر این دانش‌آموزان نسبت به درک عمیق از مبحث ژنتیک است و نیاز به منابع اطلاعاتی گسترده‌تر از کتاب‌های زیست‌شناسی کاملاً احساس می‌شود (هاگا، ۲۰۰۶). برای رفع این خلأ، منابع اطلاعاتی زیادی در دسترس است و به‌طور مداوم در حال گسترش هستند تا نیازهای اطلاعات ژنتیکی را برای آموزش، دانش شخصی یا اقدامات پزشکی برآورده سازند. پزشکان مراقبت‌های اولیه منبع مهمی برای اطلاعات ژنتیک خواهند بود. با این وجود، علی‌رغم این واقعیت که تقریباً همه پزشکان در کتب زیست‌دبیرستان اطلاعات پایه ژنتیک را فرا گرفته‌اند، مطالعات متعددی که دانش ژنتیک پزشکان را ارزیابی کرده است، نتایج مطلوبی را ارائه نکرده‌اند (متکالف، هورورس، نیوستد و روبیفر، ۲۰۰۲)؛



اسمیس، تزوکالی و مولر، ۲۰۱۸). توجه به این نکته ضروری است که محتوای ژنتیکی که معلمان، متخصصان بهداشت و عموم در کلاس آموخته‌اند، با توجه به تغییر و پیشرفت سریع علم ژنتیک، احتمالاً قدیمی خواهند بود و بایستی دائم به‌روز شوند. بدین منظور، منابع آنلاین زیادی در دسترس هستند و به‌طور مستمر در حال گسترش هستند تا نیازهای اطلاعات ژنتیکی را برای آموزش دانش شخصی یا اقدامات پزشکی برآورده کنند. وقت آن است که سایت‌هایی را شناسایی کنیم که ابزارها و اطلاعات دقیق و مفیدی را ارائه می‌دهند و به‌طور منظم برای بازتاب دانش موجود به‌روز می‌شوند. با توجه به توضیحات فوق، هدف از مقاله حاضر معرفی برخی از سایت‌هایی است که می‌توانند خلأ محدودیت‌های اطلاعات ژنتیکی کتب زیست دبیرستان را رفع نمایند. در ابتدای این مقاله منابع مفیدی معرفی می‌شود که در درجه اول برای معلمان و افزایش اطلاعات عمومی تولیدشده‌اند. در ادامه مقاله نیز سایر عوامل مهم در آموزش ژنتیک مورد بحث قرار می‌گیرند. این موارد شامل آموزش مداوم معلمان و توصیه برای اتخاذ رویکرد بین‌رشته‌ای برای آموزش ژنتیک است.

## روش پژوهش

در این مطالعه مروری اطلاعات جمع‌آوری شده بر اساس کلمات کلیدی آموزش، ژنتیک، وبسایت، دانش‌آموز، زیست‌شناسی و پایگاه داده‌ها از سایت‌های انگلیسی‌زبان elgooG، elgooG، rallohCS و tceriD ecneicS استفاده شد. مقالات استفاده‌شده مربوط به فاصله زمانی ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۲ هستند. از ۵۹ مقاله مستخرج، ۳۱ مقاله حذف شد و تنها از اطلاعات ۲۸ مقاله باقی مانده برای نگارش مقاله حاضر استفاده شد. مقالات بررسی شده، کیفی و کمی هستند. همچنین، مقالاتی که هدف نگارش مقاله حاضر را دربر نداشتند، از ادامه مراحل مطالعه حذف شدند.

## یافته‌های پژوهش منابع اطلاعاتی ژنتیک

چندین آزمایشگاه و موسسه خصوصی و دولتی و وبسایت‌های دولتی و دانشگاهی طیف وسیعی از اطلاعات، برنامه‌های درسی و فعالیت‌ها را برای دانشجویان و معلمان، عموم مردم و متخصصان بهداشت ارائه می‌کنند. اطلاعات فراهم‌شده در جداول یک و دو، تعدادی از این منابع را معرفی می‌کنند. بایستی توجه داشت که مثال‌هایی که در جدول ۱ ذکر شده‌اند، لیست کاملی نیستند؛ بلکه هدف آن‌ها معرفی گروه‌هایی است که به پیشرفت آموزش ژنتیک اختصاص یافته‌اند. منابع بر اساس معیارهای مختلفی انتخاب شده‌اند؛ مانند گنجاندن آموزش به‌عنوان مأموریت یا هدف سازمان یا گروه مربوطه، ارائه محتوای اصلی یا فعالیت‌ها، وجود اطلاعات به‌روز شده یا اصلاح‌شده به‌طور دورهای و استفاده از زبان انگلیسی و دسترسی به منابع لازم. این اطلاعات به‌صورت آنلاین و رایگان ارائه می‌شوند. سایت‌ها از طریق بررسی لیست منابع آموزشی تهیه‌شده توسط گروه‌های متخصص علم زیست‌شناسی و ژنتیک معرفی شده‌اند.

## جدول ۱- برخی منابع آموزش آنلاین ژنتیک

نام سایت (URL)	محتوی	جمعیت هدف	منبع
<a href="http://www.affymetrix.com/corporate/outreach/lesson_plan/index.aspx">http://www.affymetrix.com/corporate/outreach/lesson_plan/index.aspx</a>	آرانه اسلایدها و گرافیک‌های برنامه‌های درسی مرتبط با استانداردهای دیبرستان	معلمان و اساتید زیست‌شناسی و ژنتیک	Microarrays GeneChip (Affymetrix) در برنامه درسی
<a href="http://www.geneticalliance.org">http://www.geneticalliance.org</a>	منابع ژنتیک عمومی، اطلاعات خاص بیماری‌ها و سازمان‌های حامی آن‌ها	دبیران و اساتید زیست‌شناسی، دانش‌آموزان، بیماران و خانواده‌های آن‌ها	پوستگی ژن‌ها
<a href="http://www.gig.org.uk/education.htm">http://www.gig.org.uk/education.htm</a>	مروری کلی، اطلاعات خاص بیماری، برنامه درسی	معلمان، دانش‌آموزان، عموم مردم و بیماران	اطلاعات ژنتیکی و آموزش ژنتیک ( )
<a href="http://www.londonideas.org/internet/public/index.htm">http://www.londonideas.org/internet/public/index.htm</a>	جزوه‌هایی درباره مفاهیم ژنتیکی عمومی و شرایط ژنتیکی، مطالعات موردی، بازی‌های تعاملی	عموم مردم، متخصصان بهداشت، بیماران، کودکان	اطلاعات عمومی ژنتیک (IDEAS لندن)
<a href="http://www.wellcome.ac.uk/en/genome/index.html">http://www.wellcome.ac.uk/en/genome/index.html</a>	ژنتیک عمومی، بررسی اجمالی بیماری‌ها، آرانه تعاملی	عموم مردم	ژنوم انسانی (The Wellcome Trust)
<a href="http://www.genetictools.org">http://www.genetictools.org</a>	اطلاعات اساسی ژنتیک و مطالعات موردی برای تسهیل آموزش ژنتیک در مراکز مراقبت‌های اولیه	مربیان بهداشت حرفه‌ای	ژنتیک و مراقبت‌های اولیه
<a href="http://doe.genomes.org">http://doe.genomes.org</a>	اطلاعات مربوط به پروژه ژنوم انسانی، گرافیک و اطلاعات مربوط به کاربردهای پزشکی، ژنتیک میکروبی و پیامدهای اخلاقی، حقوقی و اجتماعی	دبیران زیست‌شناسی و عموم مردم	برنامه درسی (وزارت انرژی ایالات متحده)
<a href="http://www.genome.gov/Education">http://www.genome.gov/Education</a>	مازول‌های ژنتیک و واژه‌نامه‌های چندرسانه‌ای	دبیران زیست‌شناسی و عموم مردم	ژنوم انسانی (موسسه تحقیقات ملی ژنوم انسانی ایالات متحده)



### جدول ۲- سایر سایت‌های آموزشی-تحقیقاتی ژنتیک

Dolan DNA Learning Center: <a href="http://www.dnalc.org/dnalc/about">http://www.dnalc.org/dnalc/about</a>	Genetics Education and Health Research Unit of the Murdoch Children: <a href="http://www.mcric.edu.au/pages/education/index.asp">http://www.mcric.edu.au/pages/education/index.asp</a>	North West Genetics Knowledge Park: <a href="http://www.nowgen.org.uk">http://www.nowgen.org.uk</a>
BioInteractive: <a href="http://www.hhmi.org/biointeractive">http://www.hhmi.org/biointeractive</a>	Genetics Home Reference: <a href="http://ghr.nlm.nih.gov">http://ghr.nlm.nih.gov</a>	Sanger Institute: <a href="http://www.sanger.ac.uk">http://www.sanger.ac.uk</a>
Biotech-in-a-Box: <a href="http://www.biotech.vt.edu/outreach/biotech_box.htm">http://www.biotech.vt.edu/outreach/biotech_box.htm</a>	Genetics Education Partnership at the University of Washington: <a href="http://genetics-education-partnership.mbt.washington.edu">http://genetics-education-partnership.mbt.washington.edu</a>	Online courses at the American Museum of Natural History: <a href="http://learn.amnh.org/courses/genetics.php">http://learn.amnh.org/courses/genetics.php</a>
Bioinformatics and the Human Genome Project: <a href="http://www.bsces.org/page.asp?pageid=۱۳۱۵۳۳۰۸۱۷۷">http://www.bsces.org/page.asp?pageid=۱۳۱۵۳۳۰۸۱۷۷</a>	Genome Programs of the US Department of Energy Office of Science: <a href="http://doegenomes.org">http://doegenomes.org</a>	Online Mendelian Inheritance in Man: <a href="http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?db=OMIM">http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?db=OMIM</a>
Researchers in Residence: <a href="http://extra.shu.ac.uk/rnr/site/ourmsg/rnr">http://extra.shu.ac.uk/rnr/site/ourmsg/rnr</a>	Human Genetic Variation curriculum supplement: <a href="http://science-education.nih.gov/supplements/nih/genetic/default.htm">http://science-education.nih.gov/supplements/nih/genetic/default.htm</a>	Roche Genetics Education Program CD-ROM: <a href="http://www.roche.com/sci_gengen_cdrom">http://www.roche.com/sci_gengen_cdrom</a>
Science & Health Education Partnership: <a href="http://biochemistry.ucsf.edu/~sep">http://biochemistry.ucsf.edu/~sep</a>	Innovative Scheme for Post-Docs in Research and Education: <a href="http://www.imperial.ac.uk/inspire">http://www.imperial.ac.uk/inspire</a>	Resources for Involving Scientists in Education: <a href="http://www.nas.edu/rise">http://www.nas.edu/rise</a>
DNA Interactive: <a href="http://www.dnai.org">http://www.dnai.org</a>	BSCS: <a href="https://bscs.org/">https://bscs.org/</a>	<a href="content/~/biology/glaxo/index.html">content/~/biology/glaxo/index.html</a>
Active Science: <a href="http://www.activescience-gsk.com/home.cfm">http://www.activescience-gsk.com/home.cfm</a>	National Center for Biotechnology Information: <a href="http://www.ncbi.nlm.nih.gov">http://www.ncbi.nlm.nih.gov</a>	Centre for Genetics Education: <a href="http://www.genetics.com.au">http://www.genetics.com.au</a>
Edvotek: <a href="http://www.edvotek.com">http://www.edvotek.com</a>	MdBio SpeakerSearch: <a href="http://speakers.mdbio.org">http://speakers.mdbio.org</a>	People and Medicine: <a href="http://www.schoolscience.co.uk/">http://www.schoolscience.co.uk/</a>
The Human Genome Project — Biology, Computers, and Privacy: <a href="http://www.bsces.org/page.asp?pageid=۱۳۱۵۳۳۰۸۱۸۵">http://www.bsces.org/page.asp?pageid=۱۳۱۵۳۳۰۸۱۸۵</a>	National Genetics Education and Development Centre: <a href="http://www.geneticseducation.nhs.uk">http://www.geneticseducation.nhs.uk</a>	Genetics Education and Community Interactions: <a href="http://www.genetics.unimelb.edu.au/GenEd">http://www.genetics.unimelb.edu.au/GenEd</a>
Exploring Our Molecular Selves: <a href="http://www.genome.gov/Pages/Education/Kit">http://www.genome.gov/Pages/Education/Kit</a>	Mapping and Sequencing the Human Genome — Science Ethics, and Public Policy: <a href="http://www.bsces.org/page.asp?pageid=۱۳۱۵۳۳۰۸۱۸۱">http://www.bsces.org/page.asp?pageid=۱۳۱۵۳۳۰۸۱۸۱</a>	The Mentor Network: <a href="http://www.ashg.org/genetics/ashg/educ/۰۰۲.shtml">http://www.ashg.org/genetics/ashg/educ/۰۰۲.shtml</a>
Gene Almanac: <a href="http://www.genealmanac.org">http://www.genealmanac.org</a>	MEDLINE: <a href="http://medline.cos.com">http://medline.cos.com</a>	DNA From The Beginning: <a href="http://www.dnafb.org">http://www.dnafb.org</a>





## اطلاعات مربوط به برخی وب‌سایت‌های معرفی شده در جدول ۲ عبارت‌اند از:

پایگاه داده‌ها و ابزارهای بایوسرور: مرکز یادگیری DNA دولان<sup>۳</sup> (DNALC) در سال ۱۹۸۸ تأسیس شد. این مرکز در توسعه آزمایش‌های DNA در کلاس درس پیشگام است و بزرگ‌ترین ارائه‌دهنده آموزش ژنتیک مولکولی آزمایشگاهی به دانش‌آموزان است. DNALC یک موسسه تحقیقاتی بزرگ است که بر پایه ژنتیکی سرطان و عملکرد مغز متمرکز است. DNALC این امکان را فراهم می‌کند که یک آنالوگ قوی برای تحقیقات ژنوم بر اساس تجزیه و تحلیل دانش‌آموزان از DNA ایجاد کند؛ از جمله (۱) پروتکل‌های سریع برای بررسی چندین نوع چندشکلی DNA (دی ان ای میتوکندری) (انسان، ۲) یک سایت اینترنتی جامع، (۳) یک سرویس رایگان برای توالی نمونه‌های DNA، (۴) برنامه‌های آموزشی برای معرفی این پروژه به معلمان زیست‌شناسی دبیرستان و (۴) طراحی تعاملی سایت به معلمان اجازه می‌دهد تا برنامه‌های درسی و صفحات وب شخصی از فعالیت‌های آنلاین، فیلم‌ها، انیمیشن‌ها و متن ایجاد کنند. دانشجویان و دانش‌آموزان از طریق اینترنت به توالی DNA مورد نظر خود دسترسی پیدا می‌کنند و از ابزارهای آماری سایت اینترنتی Servers Bio استفاده می‌کنند. Allele Server و Sequence Server پایگاه داده‌های کاملی هستند که بر اساس فناوری پایگاه داده Microsoft SQL Server ساخته شده‌اند. این برنامه‌ها به کاربران اجازه می‌دهد به مجموعه داده‌های DNAC دسترسی پیدا کنند، در پایگاه داده‌های خارجی جست‌وجو کنند و مجموعه‌های چندشکلی را مستقیماً دست‌کاری کنند. دانشجویانی که در سایت ثبت‌نام می‌کنند می‌توانند به آزمایش‌های ذخیره‌شده در فضای کاری خود بازگردند. همچنین، Simulation Server یک برنامه آماری «مونت کارلو» است که ژنتیک جمعیت را مدل‌سازی می‌کند (گان و همکاران، ۲۰۰۵).

سایت‌های اینترنتی Genetic Origins و BioServers کلیه اطلاعات مورد نیاز دانشجویان و دانش‌آموزان را برای انجام آزمایش‌های DNA Alu و mt و تجزیه و تحلیل نتایج؛ از جمله پروتکل‌های آنلاین، معرف‌ها، انیمیشن‌ها و فیلم‌های توضیح‌دهنده مفاهیم کلیدی و ابزارهای پایگاه داده را در اختیار قرار می‌دهند (گان و همکاران، ۲۰۰۵).

**Allele Server**: آل سرور به دانشجویان و دانش‌آموزان این امکان را می‌دهد تا داده‌های Alu را (عناصر Alu توالی‌های بسیار کوتاهی در DNA هستند؛ که به وسیله اندونوکلازها جابه‌جا می‌شوند) دسته‌بندی کرده تا دو جمعیت را با استفاده از مجذور کای، رانش ژنتیکی و فاصله ژنتیکی مقایسه کنند. این پایگاه داده دارای فرم‌هایی است که به دانشجویان اجازه می‌دهد ژنوتیپ‌های خود را در پایگاه داده وارد کرده و از بیش از ۴۰ جمعیت جهان اطلاعات مرجع را به دست آورند (گان و همکاران، ۲۰۰۵).

**Sequence Server**: سرور Sequence به دانش‌آموزان اجازه می‌دهد تا داده‌های توالی DNA خود را وارد کرده و چندین ترازبندی توالی را انجام دهند. همانند داده‌های Alu، ممکن است دانش‌آموز دیتاهای خود را با دانش‌آموزان دیگر یا جمعیت مرجع جهان و نمونه‌های DNA قدیمی مقایسه کند. یک دانش‌آموز همچنین ممکن است از توالی DNA خود برای انجام جست‌وجوی BLAST (ابزار جست‌وجوی هم‌ترازی نواحی) برای یافتن توالی‌های مشابه در GenBank استفاده کند. توالی‌های مشخص شده در جست‌وجو را می‌توان برای مقایسه بیشتر به فضای کار دانش‌آموز منتقل کرد. همچنین، مقایسه دوطرفه و سه‌طرفه بین نمونه‌های DNA جمعیت انسانی مدرن می‌تواند به راحتی جد مشترک DNA آن‌ها را پیش‌بینی کند (گان و همکاران، ۲۰۰۵).

**Simulation Server**: شبیه‌سازی سرور به اساتید، دانشجویان و دانش‌آموزان اجازه می‌دهد تا تغییرات ژنتیکی را با گذشت زمان مدل‌سازی کنند و هم‌زمان شرایط مشابه را در ۱۰۰ جمعیت آزمایشگاهی یا بیشتر شبیه‌سازی کنند. معلمان از این ویژگی استقبال می‌کنند؛ زیرا به دانش‌آموزان امکان می‌دهد مثلاً، تعادل هاردی-وینبرگ را در سامانه‌های ژنی مدل‌سازی کنند. باین حال، این مرکز می‌تواند به دانش‌آموزان کمک کند تا شرایط غیر تعادلی را درک کنند که آلل‌های خنثی به سمت انقراض یا تثبیت سوق پیدا می‌کنند. به‌عنوان مثال، دانش‌آموزان تشویق می‌شوند زمانی را که انسان‌های اولیه در گروه‌های کوچک شکارچی زندگی می‌کردند را تصور کنند. چه جهش‌های جدیدی در چنین گروه کوچکی اتفاق می‌افتد که پس از ۱۰۰۰ نسل این گروه کشاورزی را در پیش می‌گیرند و اندازه آن‌ها گسترش می‌یابد؟ (گان و همکاران، ۲۰۰۵).

**مرکز یادگیری علوم ژنتیک در دانشگاه Utah** به توسعه منابع معلمان و برنامه‌های درسی ژنتیک اختصاص یافته است. چندین فعالیت تعاملی و آزمایشگاهی مانند فارماکوژنومیکس و بررسی برخی اختلالات ژنتیکی در این مرکز انجام می‌شود که امکان انجام این فعالیت‌ها به صورت آنلاین و رایگان فراهم شده است.

#### مطالعه برنامه درسی علوم زیست‌شناختی<sup>4</sup> (BSCS)

ماژول‌هایی را در زمینه ژنتیک؛ مانند پازل‌های وراثت ایجاد کرده است. این ماژول‌ها شامل مرور کلی برای معلمان، واژه‌نامه، مکمل برنامه درسی و روند تغییرات ژنتیک انسانی است (بی بی و لندس، ۱۹۹۸).

**واحد تحقیقات ژنتیک و تحقیقات بهداشتی موسسه تحقیقات کودکان Murdoch (MCRI)** بزرگ‌ترین مرکز تحقیقات بهداشت کودکان در استرالیا است که منابع مختلفی را برای گروه‌های مختلف ایجاد کرده است. از جمله فعالیت‌های مدرسه محور که طیف وسیعی از موضوعات مربوط به علم و کاربرد ژنتیک انسانی را کشف می‌کند (ماکلوید و درومی، ۲۰۱۵).





**GeneCRC** همچنین منابع مختلفی؛ از جمله یک صفحه مخصوص کودکان با «بازی‌های ژنی» و توصیفاتی مانند داستان، مفاهیم اساسی ژنتیک را مدل‌سازی کرده است. (توجه داشته باشید که **Gene CRC** در حال حاضر فعال نیست؛ اما بسیاری از فعالیت‌های مرتبط با آن همچنان توسط سازمان‌های همکار در **MCRI** و جاهای دیگر انجام می‌شود (هاگا، ۲۰۰۶).

**Kids Genetics** بازی‌ها و فیلم‌های کوتاه آموزشی در مورد ژن‌ها، کروموزوم‌ها و بیماری‌ها را برای کودکان ۸ تا ۱۲ ساله ارائه می‌کند (هاگا، ۲۰۰۶).

**Active Science** برای دانش‌آموزان ۵ تا ۱۶ سال و بالاتر ۱۳ ماژول تعاملی، کاربرد، فایل‌های قابل دانلود و پایگاه داده فراهم می‌کند. به‌طور خاص، موضوعاتی مانند کروموزوم‌ها، ژن‌ها، تقسیم سلولی، تکامل و مهندسی ژنتیک را پوشش می‌دهد (مک نئال و داوانزو، ۱۹۹۷).

### سایر منابع کمک آموزشی

اگرچه بسیاری از سایت‌های ذکر شده در بالا حاوی برنامه‌های درسی، واژه‌نامه‌ها و فعالیت‌های آنلاین برای تکمیل کتب درسی و دانش معلمان است، اما منابع بیشتری برای کمک به معلمان در تنظیم برنامه‌های درسی، پاسخ به سؤالات و توسعه فعالیت‌های آزمایشگاهی در دسترس است. برخی از این منابع کمک‌های آموزشی در زیر معرفی شده است.

**دانشمندان و متخصصان بهداشت:** دانشمندان و متخصصان بهداشت می‌توانند تجربه و راهنمایی را با آزمایش‌های آزمایشگاهی ارائه دهند، بحث‌های مربوط به پیامدهای اخلاقی، حقوقی و اجتماعی در ژنتیک و ژنومیک را هدایت کنند و مشاغل ژنتیکی را ارتقا دهند. مشارکت بین متخصصان بهداشت و معلمان و سامانه‌های مدرسه احتمالاً مؤثرترین رویکرد برای پیشرفت آموزش ژنومیک است (مون، اسکینر، کن، هرهما و گری گوری، ۱۹۹۹). یک نمونه برنامه مشارکت بین متخصصان بهداشت و معلمان، مشارکت آموزش علوم و بهداشت است. متخصصان بهداشت می‌توانند در چندین سطح به آموزش علوم کمک کنند - به‌عنوان مثال، با سخنرانی در کلاس، هدایت آزمایشگاه‌ها و خدمت به‌عنوان منبع اطلاعاتی به معلمان (باسکرویلی، بایر، گری گور، هونر و رسی، ۲۰۱۸؛ کلارک، ۱۹۹۹).

**فعالیت‌های آزمایشگاهی:** گزارشی که اخیراً از شورای تحقیقات ملی ایالات متحده در مورد آزمایشگاه‌های زیست‌شناسی دبیرستان منتشر شده است، بیانگر این واقعیت است که تجربیات آزمایشگاهی برای اکثر دانش‌آموزان ضعیف ارزیابی می‌شود (دلفین، دوتاکاک، کارچوسکی و کوپر، ۲۰۱۹). عدم آمادگی معلم، تجهیزات آزمایشگاهی ناکافی و قطع ارتباط با سایر فعالیت‌های یادگیری علوم به‌عنوان عوامل مؤثر در تجربیات آزمایشگاهی نامطلوب در نظر گرفته می‌شوند (سینگار، هیلتون، شونگ روبر و یوز، ۲۰۰۵). در این گزارش تأکید شده است که فعالیت‌های آزمایشگاهی نباید به عنوان تمرینات جدای از درس در نظر گرفته شوند. بلکه، «واحدهای آموزشی یکپارچه»

برای پیوند دادن آزمایش با فعالیت‌های یادگیری در کلاس درس اجتناب‌ناپذیر هستند. از آنجاکه فن‌آوری‌های ژنتیک مولکولی به سرعت در حال پیشرفت به سمت برنامه‌های خودکار با توان بالا هستند، شناسایی فعالیت‌های آزمایشگاهی مؤثر و مقرون به صرفه می‌تواند چالش برانگیز باشد. ابزارهای معمول تحقیقات مولکولی، اکنون در آزمایش‌های آزمایشگاهی ژنتیک استفاده می‌شود (مورو، ۲۰۰۳). برنامه Biotechnology Explorer در آزمایشگاه‌های Bio-Rad کیت‌های زیست‌شناسی مولکولی خاصی را ارائه می‌دهد که توسط معلمان و محققان ساخته شده‌اند. این کیت‌ها می‌توانند برای دوره‌های مختلف تحصیلی مورد استفاده قرار گیرند. از آنجاکه تجهیزات، معرف‌ها و کیت‌ها برای فعالیت‌های آزمایشگاهی ژنتیک هزینه‌بر است و به دلیل محدود بودن بودجه مدارس، گروه‌های زیادی برنامه‌هایی برای رفع این نیاز تهیه کرده‌اند. مرکز بیوتکنولوژی فرالین در انستیتوی پلی تکنیک ویرجینیا برنامه Biotech-in-a-Box را اجرا می‌کند. این برنامه تجهیزات و مواد بیوتکنولوژی را برای فعالیت‌های آزمایشگاهی بیوتکنولوژی به دبیرستان‌ها و کالج‌های جامعه در ویرجینیا عرضه می‌کند. معلمان می‌توانند برای دریافت این کیت‌ها به مدت ۲ تا ۳ هفته و بدون پرداخت هزینه اقدام کنند. به همین ترتیب، مرکز آموزش علوم ژنتیک کیت‌های آزمایشگاهی و معرف‌هایی برای آزمایش DNA به معلمان ایالت یوتا و سن ماتئو کالیفرنیا ارائه می‌دهند.

## آموزش ژنتیک به عنوان یک رویکرد میان‌رشته‌ای

ژنتیک یک حوزه مطالعاتی بین رشته‌ای است که شامل بیولوژی، شیمی، حقوق، اخلاق، فلسفه، علوم رایانه و ریاضیات است. در بسیاری از کشورها، ژنتیک به‌طور کلی در کلاس‌های علوم و زیست‌شناسی به عنوان واحدی در مورد وراثت تدریس می‌شود و مقدمه‌ای برای آزمایش‌ها و نظریه‌های مندل، انجام تمرینات کلاسی با استفاده از مربع پانت و پوشش دادن صفات ساده انسانی مانند رنگ چشم و بیماری‌هایی شناخته شده مانند فیبروز کیستیک. دانش‌آموزان همچنین ممکن است فرصتی برای یادگیری ژنتیک مولکولی (یوکار یوتی و پروکار یوتی)، نحوه ترسیم شجره‌نامه و محاسبه احتمال خطر و تکنیک‌های آزمایشگاهی عمومی داشته باشند (نایاک، چاکرابرتی و هاسی جا، ۲۰۲۱؛ شاپیرا، نن و یوتی، ۲۰۱۷).

با توجه به مهارت‌های متنوعی که برای درک مفاهیم و کاربردهای ژنتیک مورد نیاز است، منطقی به نظر می‌رسد که ژنتیک در یک برنامه درسی و همچنین در طول تحصیلات دانش‌آموز آموزش داده شود (یکپارچه‌سازی افقی و عمودی). با بهره‌گیری از ماهیت چند رشته‌ای ژنتیک، ژنتیک می‌تواند به‌طور افقی در چندین موضوع برای یک درجه مشخص و سطح دشواری ادغام شود. ژنتیک همچنین می‌تواند به‌طور عمودی در طول دوره آموزشی دانشجویی ادغام شود. با تلفیق عمودی ژنتیک و اکنون ژنومیک، دانش‌آموزان می‌توانند دانش خود را از واحدهای قبلی کسب



کنند و آن را به برنامه‌های زمان واقعی پیوند دهند. یک نمونه اصلی از این رویکرد میان‌رشته‌ای ادغام مطالب در مورد پیامدهای اخلاقی، حقوقی و اجتماعی تحقیقات ژنتیک و کاربردهای آن است. به‌عنوان مثال، BSCS چندین برنامهٔ درسی مانند نقشه‌برداری و تعیین توالی ژنوم انسانی - علوم، اخلاق و سیاست‌های عمومی، پروژه ژنوم انسانی، بیوانفورماتیک، تبعیض، رضایت آگاهانه و حریم خصوصی اطلاعات ژنتیکی را مطرح می‌کند. با این وجود، یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های دبیران زیست‌شناسی عدم آموزش موضوعاتی است که خارج از موضوع است. به‌ویژه، ممکن است دبیران زیست‌شناسی برای بحث در مورد اخلاق زیستی یا پیامدهای قانونی کاربردهای ژنتیکی و ... آموزش کافی ندیده باشند یا آمادگی لازم برای پرداختن به جنبه‌های فنی ژنتیک را نداشته باشند. برای رفع این چالش‌ها، برنامه‌های درسی BSCS چارچوبی را برای آموزش جنبه‌های کاربردهای ژنتیکی فراهم می‌کند که ممکن است برای معلمان ناآشنا باشند (هاگا، ۲۰۰۶).

**رویکرد افقی:** ژنتیک در برنامه‌های درسی مدارس تقریباً به‌طور انحصاری در کلاس‌های زیست‌شناسی تدریس می‌شود و ماهیت چند رشته‌ای بودن آن بندرت مورد بررسی کامل قرار می‌گیرد. ادغام افقی ژنتیک در یک برنامهٔ درسی میتواند در نظر گرفته شود. این روش به کلاس‌ها یا واحدهای جدید احتیاج ندارد، اما از کلاس‌های موجود که مربوط به ژنتیک هستند بهره می‌برد. به‌عنوان مثال، محاسبه احتمال ایجاد زاده‌های نخودفرنگی دانه سبز از والدین با نخود زرد نیاز به درک اساسی از کسرها و درصدها دارد؛ بنابراین، استفاده از این مثال برای آموزش کسرها اهمیت ریاضیات در زیست را برجسته می‌کند، دروس را در بین موضوعات ادغام می‌کند و یک محیط یادگیری منسجم فراهم می‌کند. ژنتیک همچنین می‌تواند به‌عنوان یک موضوع مشترک یا پیوند بین چندین موضوع در سطح دانشگاه مورد استفاده قرار گیرد (جریک، هودسن، الین، شلر و استولار، ۲۰۱۸؛ وانگ و زنگ، ۲۰۱۹).

**رویکرد عمودی:** دانش‌آموزان می‌توانند با ادغام عمودی ژنتیک در طول تحصیلات خود، دانش حاصل از واحدهای قبلی را افزایش دهند، درک خود را از ژنتیک گسترش دهند و دانش خود را از ژنتیک در زمینه‌های مختلف زندگی به کار گیرند. یک رویکرد چندلایه‌ای که متناسب با کلاس و سطح یادگیری یک دانش‌آموز است و بر اساس دوره‌های آموزشی ساخته می‌شود؛ یک روش یادگیری جامع‌تر از قرار گرفتن در معرض ژنتیک مقدماتی یا تماس مکرر با همان ماده. یک نمونه از روش عمودی یکپارچه برای آموزش توسط مشارکت آموزش ژنتیک ایجاد چارچوبی برای آموزش ژنتیک از کودکان تا کلاس دوازدهم است. گسترش عمودی ژنتیک را می‌توان متناسب با درجه، برنامه درسی، سطح دشواری و کلاس‌های ارائه‌شده تنظیم کرد. در مدارس متوسطه دوم، به دنبال واحد ژنتیک مقدماتی، دانش ژنتیک را می‌توان در ژنتیک مولکولی، آزمایش‌های برجسته‌ای که منجر به شناسایی DNA به‌عنوان واحد وراثت و ساختار DNA می‌شود، مفهوم

تنوع ژنتیکی و ابزارهایی برای بررسی تنوع، همپوشانی بین بیولوژی سلول (به‌عنوان مثال، میتوز و میوز) و بیماری ژنتیکی انسان (به‌عنوان مثال، سندرم داون) ارائه کرد. همچنین، ژنتیک می‌تواند در میان سایر موضوعات درسی ادغام شود، مانند یادگیری در مورد تاریخ اجتماعی ژنتیک، اعتقادات علمی در اوایل قرن بیستم و اهمیت آن‌ها در جنگ جهانی دوم در مطالعات اجتماعی یا کلاس‌های تاریخ (آرتز، مولن برتر و داس، ۲۰۲۱؛ سی کل و فریدریچسن، ۲۰۱۸).

## بحث و نتیجه‌گیری

مشابه با نیازهای مداوم پزشکان، معلمان باید به‌طور مداوم آموزش ببینند تا به‌روزترین اطلاعات و مهارت‌های آزمایشگاهی مجهز شوند. برای جلوگیری از شکاف قابل توجه دانش، بسیار مهم است که این آموزش، تحقیقات ژنتیک و دانش فعلی ژنتیک را منعکس کند (مک کلاتچی، باس، گاتی، مویلان و چورچیل، ۲۰۲۰؛ ترومبو، ۲۰۰۰). ساده‌سازی بیش‌ازحد ژنتیک ممکن است دانش فعلی در مورد پیچیدگی‌های ژن‌ها، محیط و سلامتی را مخدوش کند. DNALC برای اعضای هیئت علمی، دبیران زیست‌شناسی و دبیران علوم مداوم کارگاه‌های آموزشی برگزار می‌کند. به همین ترتیب، مرکز یادگیری علوم ژنتیک در دانشگاه Utah چندین کارگاه تالیستانی برای دبیران زیست و علوم ارائه می‌کند. این کارگاه‌های یک‌هفته‌ای موضوعاتی مانند وراثت، علوم ژنومیک و دلایل ژنتیکی اعتیاد را پوشش می‌دهند. کمک‌هزینه، هزینه سفر و اعتبار لازم نیز پیش‌بینی شده است. گروه ژنتیک و دانشکده گیاه‌شناسی در دانشگاه ملبورن یک دوره سه‌روزه برای دبیران زیست‌شناسی ارائه می‌کند. این دوره شامل موضوعات مختلفی از جمله ارگانسیم‌های اصلاح‌شده ژنتیکی، بیوانفورماتیک، ژنومیک مقایسه‌ای و ژنتیک و بیماری است. همچنین، موزه‌ها کلاس‌های پیشرفت حرفه‌ای برای دبیران زیست و علوم برگزار می‌کنند. موزه تاریخ طبیعی آمریکا مجموعه گسترده‌ای از دوره‌های آنلاین در زمینه ژنتیک، اصول ژنتیک و کاربردهای جدید و مسائل اخلاقی ارائه می‌دهد (Haga, 2006). اما چیزی که باید آموزش داد با توجه به اهداف دوره خاص (به‌عنوان مثال مقدماتی یا پیشرفته)، استانداردهای محلی و ملی، منابع موجود و دانش دبیران متفاوت خواهد بود. به‌طور کلی، بالا بردن درک مفاهیم ژنتیکی، کاربردها و مسائل اجتماعی و اخلاقی باید هدف مشترک برای همه دوره‌ها صرف‌نظر از اهداف خاص دوره باشد. بخشی از هیجان یادگیری ژنتیک، توانایی ارتباط میان اطلاعاتی آموخته‌شده در کلاس با زندگی روزمره و درک بهتر از سلامتی، خانواده، محیط و محل کار ما است؛ چیزی که قوانین علمی، نظریه‌ها و تاریخ لزوماً ارائه نمی‌دهند. برای رسیدگی به این مسئله، شرکت Industry Supports Education، وبسایت School science را برای ارائه مطالب پشتیبانی‌کننده از آموزش علوم با کیفیت بالا که به‌طور خاص برای انتقال چگونگی ارتباط علم با جامعه و وقایع روز در علم طراحی شده است،



ایجاد کرده است. موضوعاتی مانند تولید دارو، پروژه ژنوم انسانی، اخلاق زیستی، مبنای ژنتیکی فیبروز کیستیک و سایر مباحث زیست‌شناسی، شیمی و فیزیک (امری، کومار و اسمیس، ۱۹۹۸؛ هولمر، ۲۰۰۱). همچنین، دانش‌آموزان علاوه بر مطالعه ساختار ژن‌ها و پروتئین‌ها، می‌توانند ژن‌ها و پروتئین‌های واقعی را از طریق بسیاری از پایگاه‌های اطلاعاتی عمومی ژنوم بررسی کنند. اطلاعات زیادی در پایگاه داده‌های متعددی که توسط مرکز ملی اطلاعات بیوتکنولوژی، Sanger Institute و EMBL-EBI نگهداری می‌شود، در دسترس است؛ از جمله توالی خام ژن‌ها، ساختارهای پروتئین‌ها، توصیف عملکرد ژن‌ها و ارتباط آن‌ها با بیماری‌ها. علاوه بر این، یک سری فعالیت‌های بیوانفورماتیک که توسط Gene Technology Access Centre توسعه داده شده است، از توالی ژن‌ها و ساختارهای پروتئینی استفاده می‌کند که از پایگاه‌های داده عمومی برای آموزش بیماری‌های انسانی، تکامل و ژنومیک مقایسه‌ای به دست آمده است (هاگا، ۲۰۰۶).

نتیجه نهایی این که، هدف کلی افزایش آموزش ژنتیک پایه، فراهم آوردن زیربنایی از دانش است که به‌طور کافی به افراد امکان می‌دهد مفاهیم عمومی ژنتیکی، کاربردها و مسائل اجتماعی و اخلاقی را درک کرده و به کاربران آگاه از فناوری ژنتیک و برنامه‌های حاصل از آن تبدیل شوند. با توجه به اینکه پایگاه‌های دانش به سرعت در حال تغییر هستند، منابع آموزشی ژنتیک نیز باید مداوم به‌روز شده و تجدیدنظر شوند تا یافته‌های علمی فعلی را منعکس کند و دقیق‌ترین اطلاعات را ارائه دهند. برای کمک به کاربران در شناسایی سیستماتیک منابع آموزشی مناسب ژنتیکی و تأمین اهداف و نیازهایشان، توسعه ابزارهای تحقیقاتی و منابع مرتبط مفید است. اگرچه بسیاری از برنامه‌ها و ابتکارات برای تقویت آموزش ژنتیک در حال انجام است، سایت‌ها و منابع معرفی شده در این مقاله می‌تواند به ارتقا آموزش ژنتیک و معرفی زمینه‌های در حال ظهور ژنومیک کمک کند.

## منابع

Anderson, W. (2014). "Aerts, M., Molenberghs, G., Thas, O. (2021). Graduate Education in Statistics and Data Science: The Why, When, Where, Who, and What. Annual Review of Statistics and Its Application, 39-25 :8.

Baskerville, R., Baiyere, A., Gregor, Sh., Hevner, A., Rossi, M. (2018). Design science research contributions: Finding a balance between artifact and theory. Journal of the Association for Information Systems, 3 : (5)19.

Bybee, JW., Landes, NM. (1988). The biological sciences curriculum study (BSCS). Science and Children, 37-36 , (8)25.

Chokoshvili, D., Belmans, C., Poncelet, R., Sanders, S., Vaes, D., Vears, D., et al. (2017). Public views on genetics and genetic testing: a survey of the general public in

Belgium. Genetic testing and molecular biomarkers, 201-195 :(3)21.

Clark, Margaret R. (1996). A successful university-school-district partnership to help San Francisco's K12- students learn about science and medicine. *Academic medicine: journal of the Association of American Medical Colleges*, 956-950 :(9)71.

Dolphin, G., Dutchak, A, Karchewski, B., Cooper, J. (2019). Virtual field experiences in introductory geology: Addressing a capacity problem, but finding a pedagogical one. *Journal of Geoscience Education*, 130-114 :(2)67.

Emery, J., Kumar, S., Smith, H. (1998). Patient understanding of genetic principles and their expectations of genetic services within the NHS: a qualitative study. *Public Health Genomics*, 83-78 :(2)1.

Gan, Y Y., Koh, C L., Sze, CC., Chin, Ch., Lum, Sh., Tan, TTM., et al. (2005). A DNA science research and training programme for secondary school and junior college teachers and students on genetic polymorphisms in human, animals and plants in Singapore.

Gericke, N., Hudson, B., Olin-Scheller, C., Stolare, M. (2018). Powerful knowledge, transformations and the need for empirical studies across school subjects. *London Review of Education*, 444-428 :(3)16.

Haga, Susanne B. (2006). Teaching resources for genetics. *Nature Reviews Genetics*, 229-223 :(3)7.

Holmer, Alan F. (2001). Industry strongly supports continuing medical education. *jama*, 2014-2012 :(15)285.

Lanie, Angela D, Jayaratne, T E., Sheldon, J P., Kardia, Sharon LR., Anderson, E S., Feldbaum, M., Petty, Elizabeth M. (2004). Exploring the public understanding of basic genetic concepts. *Journal of genetic counseling*, 320-305 ,(4)13.

Macleod, Ph., Dromey, J. (2015). Digital health at the Murdoch children's research institute-a new model for the convergence of health and technology. *Australasian Biotechnology*, 15-14 :(1)25.

McClatchy, S., Bass, KM., Gatti, DM., Moylan, A., Churchill, G. (2020). Nine quick tips for efficient bioinformatics curriculum development and training. *PLoS Computational Biology*, 7)16): e1008007.

McNeal, Ann P., D'Avanzo, Charlene. (1997). Student-active science: Models of innovation in college science teaching.

Mesters, I., Ausems, A., De Vries, H. (2005). General public's knowledge, interest and information needs related to genetic cancer: an exploratory study. *European Journal of Cancer Prevention*, 75-69 :(1)14.



Metcalfe, S., Hurworth, R., Newstead, J., Robins, R. (2002). Needs assessment study of genetics education for general practitioners in Australia. *Genetics in Medicine*, -71:(2)4 77.

Moore, A. (2003). Breathing new life into the biology classroom: An increasing number of exciting experiments for teaching biology is becoming available, but teacher training and institutional reform are also needed to integrate them into curricula. *EMBO reports*, 746-744 :(8)4.

Munn, M., Skinner, P O'Neill, Conn, L, Horsma, HG., Gregory, P. (1999). The involvement of genome researchers in high school science education. *Genome Research*, 607-597 :(7)9.

Nayak, R., Chakraborty, R., Hasija, Y. (2021). System biology and synthetic biology. *Translational Biotechnology*, 344-329.

Sabatello, M. (2018). A genomically informed education system? Challenges for behavioral genetics. *Journal of Law, Medicine & Ethics*, 144-130 :(1)46.

Shapira, Ph., Kwon, S., Youtie, J. (2017). Tracking the emergence of synthetic biology. *Scientometrics*, 1469-1439 :(3)112.

Sickel Aaron J., Friedrichsen, P. (2018). Using multiple lenses to examine the development of beginning biology teachers' pedagogical content knowledge for teaching natural selection simulations. *Research in Science Education*, 70-29 :(1)48.

Singer, SR., Hilton, ML., Schweingruber, HA., US, National Research Council. (2005). *America's lab report: Investigations in high school science (Vol. 3): National Academies Press Washington, DC.*

Smith, T., Gunter, MJ., Tzoulaki, I., Muller, DC. (2018). The added value of genetic information in colorectal cancer risk prediction models: development and evaluation in the UK Biobank prospective cohort study. *British journal of cancer*, -1036 :(8)119 1039.

Tamura, R., Toda, M. (2020). Historic overview of genetic engineering technologies for human gene therapy. *Neurologia medico-chirurgica*, ra. 0049-2020.

Trumbo, S. (2000). Introducing students to the genetic information age. *The American Biology Teacher*, 261-259.

Trust, W. (2005). *What do People Think About Gene Therapy*. London: Wellcome Trust.

Wang, F., Zhang, W. (2019). Synthetic biology: recent progress, biosafety and biosecurity concerns, and possible solutions. *Journal of Biosafety and Biosecurity*, :(1)1 30-22

---

## Teaching genetics beyond high school biology textbooks

Firoozeh Alavian<sup>1</sup>

---

### Abstract

Teaching genetics beyond biology textbooks is essential to preparing students for informed discussions about the future of genetic research and how its programs affect human health and the environment. This article is a review and the collected information is related to articles on Google, Google Scholar and Science Direct sites. The articles reviewed in this study are from ۱۹۸۸ to ۲۰۲۱. The purpose of this article is to introduce the educational resources that complement the topic of genetics in high school biology textbooks that are available online and high school experimental science students can benefit from them in prospective health research activities. With the help of these resources, it is possible to describe an integrated approach to genetic education, emphasize the need to increase the scope of information for biology teachers, and encourage the participation of geneticists and health professionals in providing educational resources.

**Keywords:** Genetics education, Website, Student, Biology, Databases

---

1 .Professor assistant, Department of Basic Sciences, Farhangian University, Tehran, Iran  
falavian@cfu.ac.ir