دانشکده علوم

پایان‌نامه کارشناسی ارشد در رشته فیزیک

(نظری و اخترفیزیک)

تکامل زیستی، انتخاب طبیعی و کاربرد احتمالی آن در تکامل کیهانی

توسط

سیدامین موسوی

استاد راهنما

دکتر افشین منتخب

شهریور ۱۳۸۹

بسم الله الرحمن الرحيم

به نام خدا

اظهارنامه

اینجانب سیدامین موسوی (۸۷۰۳۰۱) دانشجوی رشته فیزیک گرایش نظری و اخترفیزیک دانشکده علوم، اظهارمی کنم که این پایان نامه حاصل پژوهش خودم بوده و در جاهایی که از منابع دیگران استفاده کرده ام، نشانی دقیق و مشخصات کامل آن را نوشته ام .همچنین اظهارمی کنم که تحقیق و موضوع پایان نامه ام تکراری نیست و تعهد می نمایم که بدون مجوز دانشگاه دستاوردهای آن را منتشرننموده و یا در اختیار غیر قرار ندهم .کلیه حقوق این اثر مطابق با آیی ننامه مالکیت فکری و معنوی متعلق به دانشگاه شیراز است.

نام ونام خانوادگی : سیدامین موسوی

تاریخ و امضا: ۹۰/۶/۳۱

به نام خدا

تکامل زیستی، انتخاب طبیعی و کاربرد احتمالی آن در تکامل کیهانی

به کوشش:

سیدامین موسوی

پایان‌نامه

ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه به عنوان بخشی از فعالیت‌های
تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته‌ی:

فیزیک نظری و اخترفیزیک

از دانشگاه شیراز

شیراز

جمهوری اسلامی ایران

ارزیابی شده توسط کمیته پایان‌نامه با درجه: عالی

دکتر افشین منتخب، استادیار بخش فیزیک (رئیس کمیته).....

دکتر نعمت‌اله ریاضی، استاد بخش فیزیک.....

دکتر احمد پوست‌فروش، استادیار بخش فیزیک.....

دکتر سعید دعوت‌الحق، استادیار بخش فیزیک.....

شهریور ماه ۱۳۸۹

تقدیم به پدر و مادرم که تلألو مهر و نیکی از خورشید وجودشان همواره روشنگر زندگیم بوده است.

تقدیم به برادرانم عزیزم که وجودشان آرام بخش زندگیم است و همراهی و همدلی هایشان پیمودن هر راه

دشواری را برایم آسان می کند

چکیده

تکامل زیستی، انتخاب طبیعی و کاربرد احتمالی آن در تکامل کیهانی

به کوشش

سیدامین موسوی

هدف از انجام این تحقیق در مرحله اول بررسی نظریه تکامل زیستی و مدل‌سازی آماری آن به عنوان یک سیستم پیچیده فیزیکی و در مرحله دوم کاربرد آن در ارائه‌ی مدلی برای تکامل کیهان است. در این رساله تکامل زیستی و مدل‌سازی آماری آن بررسی شده است و در نهایت تئوری انتخاب طبیعی کیهانی لی اسمالین مدل‌سازی آماری شده است. این تئوری تلاش می-کند چرایی خاص بودن ثوابت و پارامترهای عالم ما را در چهارچوب یک نظریه چند جهانی توضیح دهد. این مدل شبیه‌سازی کامپیوتری شده و نتایج به دست آمده مورد مطالعه قرار گرفته شد.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول: مقدمه

۱- مقدمه ۱

فصل دوم: تکامل زیستی

۲- تکامل زیستی..... ۴

۲-۱ مقدمه..... ۴

۲-۲ مفاهیم ژنتیک..... ۵

۲-۳ مدلسازی آماری تکامل داروینی..... ۱۰

۲-۳-۱ معرفی تکامل داروینی به عنوان یک سیستم فیزیکی..... ۱۰

۲-۳-۲ تکامل قطعی..... ۱۴

۲-۳-۳ تکامل جمعیت‌های محدود..... ۲۳

۲-۳-۴ تکامل همبسته و تئوری بازی..... ۲۸

عنوان صفحه

۵-۳-۲ تکامل ماکروسکوپی.....۳۱

فصل سوم: تکامل کیهانی

۳- تکامل کیهانی.....۳۴

۳-۱ مقدمه.....۳۴

۳-۲ ثوابت بنیادی طبیعت.....۳۵

۳-۲-۱ ثابت گرانش G ۳۹

۳-۲-۱-۱ تغییرات ثابت گرانش و تاثیرات ژئوفیزیکی آن.....۴۰

۳-۲-۱-۲ دینامیک اجسام چرخان در فضا و محدودیت بر روی ثابت گرانش....۴۲

۳-۲-۱-۳ کیهان‌شناسی و تغییر در ثابت گرانش.....۴۳

۳-۲-۲ ثابت ساختار ریز.....۴۴

۳-۳ چرا ثوابت طبیعت دارای مقادیر خاصی هستند؟.....۴۵

۳-۳-۱ اصل انسان‌مداری.....۴۶

۳-۳-۲ تورم بی‌پایان.....۴۷

۳-۳-۳ انتخاب طبیعی کیهانی.....۴۷

۳-۴ مدلسازی آماری انتخاب طبیعی کیهانی..... ۵۰

عنوان صفحه

نتیجه‌گیری ۵۵

فهرست منابع ۵۶

فهرست جدول‌ها

عنوان و شماره	صفحه
جدول ۲,۱: اندازه ژنوم چند گونه از موجودات زنده	۱۱
جدول ۳,۱: پارامترهای آزاد مدل استاندارد ذرات بنیادی و کیهان‌شناسی	۳۷
جدول ۳,۲: پارامترهای بدون بعد فیزیکی	۳۸
جدول ۳,۳: متغییرهای محاسبه شده‌ی عالم در واحد پلانک	۳۹
جدول ۳,۴: پدیده‌های مختلف فیزیکی و محدودیت بر روی ثابت گرانش	۴۴
جدول ۳,۵: پدیده‌های مختلف فیزیکی و محدودیت بر روی ثابت ساختار ریز	۴۵

فهرست شکل‌ها و تصویرها

عنوان و شماره صفحه

شکل ۲,۱: چگونگی قرار گرفتن DNA درون هسته سلول ۷

شکل ۲,۲: DNA و ساختار آن ۷

شکل ۲,۳: ترجمه اطلاعات ژنتیکی و جهش ۹

شکل ۲,۴: مدل زنجیر خطی ۲۱

شکل ۲,۵: نمودار جمعیت در مدل زنجیر خطی ۲۳

شکل ۲,۶: تصویر نمادین از سعود به قله چشم‌انداز و فرار تصادفی ۲۵

شکل ۳,۱: چشم‌انداز توانایی بقا بر اساس فاصله هامینگ ۵۱

شکل ۳,۲: تغییرات زمانی احتمال حضور یک عالم در منطقه‌ی با توانایی بقای بالا ۵۳

شکل ۳,۳: تغییرات احتمال حضور یک عالم در منطقه‌ی با توانایی بقای بالا نسبت به تغییرات نرخ جهش ژنتیکی ۵۴

شکل ۳,۴: تغییرات احتمال حضور یک عالم در منطقه‌ی با توانایی بقای بالا نسبت به تغییرات نرخ جهش ژنتیکی برای rهای مختلف ۵۴

۱- مقدمه

هدف ما از این پروژه در مرحله‌ی اول بررسی و شناخت نظریه‌ی تکامل زیستی بوده است. این نظریه بر پایه‌ی این حقیقت بنا شده است که، موجودات زنده توانایی تولیدمثل دارند و اطلاعات ژنتیکی که ویژگی‌های افراد را مشخص می‌کند به دلایل مختلف و به صورت تصادفی[۱] تغییر می‌کند و این تغییرات بر روی ویژگی‌های افراد در نسل‌های بعد تاثیر می‌گذارد و توانایی افراد برای بقا را تغییر می‌دهد. موجوداتی که توانایی بقا[۲] در طبیعت را دارند می‌توانند نسل خود را گسترش دهند و بقیه از بین می‌روند. این فرایند را انتخاب طبیعی[۳] می‌نامیم.

در مرحله‌ی دوم در این پروژه به دنبال شناخت تکامل زیستی به عنوان یک سیستم فیزیکی هستیم. چنین سیستمی در محدوده‌ی مکانیک آماری غیرتعادلی و سیستم‌های پیچیده قرار می‌گیرد. دلیل اینکه تکامل زیستی را در محدوده‌ی سیستم‌های پیچیده بررسی می‌کنیم این است که تعداد موجودات در یک سیستم زیاد خواهد بود و از طرفی موجودات زنده با هم برهم-کنش دارند. با وجود قوانین ساده‌ای که در دینامیک سیستم وجود دارد رفتارهای ظهورگرا و دور از انتظاری را از سیستم مشاهده می‌کنیم.

تکامل زیستی دارای سه مرحله‌ی تولیدمثل، جهش ژنتیکی و انتخاب طبیعی است. برای مدل‌سازی ریاضی تکامل زیستی باید این سه مرحله را به صورت ریاضی بیان کنیم و این کار با شناسایی اطلاعات ژنتیکی و کدبندی دوتایی[۴] این اطلاعات انجام می‌شود. تابع توانایی بقا را به عنوان تابعی از اطلاعات ژنتیکی تعریف می‌کنیم. مقدار این تابع به دلیل جهش ژنتیکی تغییر خواهد کرد و انتخاب طبیعی با توجه به مقدار این تابع عمل می‌کند.

---

[1] Random
[2] Fitness
[3] Natural selection
[4] Binary

در مرحله‌ی سوم با این فرض که عالمی[1] که ما در آن زندگی می‌کنیم عضوی از یک آنسامبل از عالم‌ها است که هر کدام قوانین خاص خود را دارند و با معرفی فرایندی که عالم‌ها بر اثر آن می‌توانند از یک عالم دیگر به وجود آیند، به دنبال ارائه‌ی مدلی دینامیکی شبیه به تکامل زیستی برای شکل‌گیری عالم‌ها هستیم. لی اسمالین[2] در نظریه‌ی انتخاب طبیعی کیهانی[3] خود فرض می‌کند که بر اثر به وجود آمدن سیاه‌چاله‌ها و تکینگی گرانشی در مرکز آنها یک عالم جدید شکل می‌گیرد. همان طور که ویژگی‌های موجودات زنده را اطلاعات ژنتیکی آن‌ها تعیین می‌کند، ویژگی‌های عالم‌های مختلف را قوانین فیزیکی حاکم بر آن‌ها تعیین می‌کند. لی اسمالین فرض می‌کند که قوانین در جهانی که به وجود می‌آید نسبت به قوانین جهان مادر تغییرات کوچکی خواهد داشت. تغییر در قوانین را می‌توان در دو سطح مختلف در نظر گرفت. اول این‌که قوانین در ذات و شکل متفاوت باشند و دوم اینکه ثوابتی که بر قوانین حاکم هستند تغییر کنند و شکل قوانین ثابت باقی بماند. نظریه‌ی انتخاب طبیعی کیهانی شکل قوانین را ثابت در نظر می‌گیرد و تغییرات را فقط در پارامترها فرض می‌کند.

دلیل شکل‌گیری موجودات با ویژگی‌های خاص این است که اطلاعات ژنتیکی موجودات طی فرایند تکامل به شکلی خاص در آمده است. اگر در مورد عالم شکل و ذات قوانین را ثابت فرض کنیم می‌توان اطلاعات ژنتیکی عالم را همان مقدار پارامترها و ثوابت بنیادی آن عالم در نظر گرفت.

نظریه‌ی انتخاب طبیعی کیهانی چرایی مقدار خاص پارامترهای طبیعت را توضیح می‌دهد. نظریه‌های دیگری نیز در مورد این سوال که چرا ثوابت و پارامترهای طبیعت مقدار خاصی دارند ارائه شده است. از جمله این نظریه‌ها می‌توان به اصل انسان‌مداری و نظریه‌های چند-عالمی[4] بر پایه‌ی تورم بی‌پایان اشاره کرد.

در این پایان نامه در فصل دوم به بررسی نظریه‌ی تکامل زیستی و مبانی ژنتیکی آن می-پردازیم، سپس مدل‌های دینامیکی که برای این نظریه ارائه شده است را بررسی می‌کنیم. در فصل سوم ابتدا در مورد ثوابت بنیادی طبیعت و پارامترهای آزاد مدل استاندارد ذرات بنیادی و تاثیر و اهمیت آن‌ها در شکل کنونی عالم بحث می‌کنیم و سپس به مساله‌ی اصل انسان

[1] Universe
[2] Lee Smolin
[3] Cosmological natural selection
[4] Multiverse

مداری[1] و تورم بی‌پایان[2] که مکانیسمی برای شکل‌گیری تعداد زیادی عالم با پارامترها و قوانین متفاوت ارائه می‌کند و بیان می‌کند که ما در جهانی هستیم که برای شکل‌گیری ساختارهای پیچیده و حیات مناسب است. در نهایت به بررسی نظریه‌ی انتخاب طبیعی کیهانی لی اسمالین می‌پردازیم.

[1] Antropic principal
[2] Eternal inflation

۲- تکامل زیستی[1]

۲-۱ مقدمه

اطلاعات ژنتیکی در بدن موجودات زنده، فعالیت سلول‌ها را هدایت می‌کند، شکل ظاهری ارگان‌های بدن موجودات را مشخص می‌کند و پلی بین یک نسل و نسل بعدی آن است. داشتن آگاهی از علم ژنتیک برای درک جهان موجودات زنده الزامی است. علم ژنتیک با بسیاری از جنبه‌های زیست‌شناسی از جمله زیست‌شناسی مولکولی، زیست‌شناسی سلولی، فیزیولوژی، تکامل و اکولوژی رابطه‌ی مستقیم دارد و می‌توان گفت که ژنتیک شاخه‌های مختلف زیست-شناسی را متحد می‌کند. برای درک مفهوم تکامل نیاز به شناخت علم ژنتیک داریم.

تکامل زیستی در سه مرحله اتفاق می‌افتد[۴-۶]:

۱- تولید مثل[2]: در حالت کلی تولید مثل را می‌توان به دو نوع تقسیم کرد. در نوع اول هرشخص به تنهایی قادر به تولید مثل است[3] و تعداد والدین هر شخص برابر با یک است. در نوع دوم تعداد والدین بیشتر از یک است[4]. در مدلهای ارائه شده تولید مثل نوع اول در نظر گرفته می‌شود و می‌توان آن را به نوع دوم تعمیم داد.

۲- جهش ژنتیکی[5]: به عمل تغییر در اطلاعات ژنتیکی جهش ژنتیکی می‌گوییم. این تغییرات دلایل بسیار زیادی دارد و می‌توان گفت که این تغییرات به صورت تصادفی[6] اتفاق می‌افتد. برای مثال از عواملی که می‌تواند باعث جهش ژنتیکی شود می‌توان به تغییر در ترتیب نوکلئوتیدها بر اثر قرار گرفتن در معرض نور یا اشتباه در هنگام تقسیم سلولی در فرایند کپی برداری اشاره کرد.

۳- انتخاب طبیعی[7]: موجودات زنده در طبیعت، همیشه در حال تلاش برای بقا هستند. و هر موجودی که ضعیف باشد از بین می‌رود. اطلاعات ژنتیکی از نسلی به نسل دیگر تغییر

---

[1] Biological evolution
[2] Reproduction
[3] Asexual reproduction
[4] Sexual reproduction
[5] Mutation
[6] Random
[7] Natural selection

می‌کند، این تغییر باعث تغییر در ویژگی‌های افراد می‌شود، در نهایت توانایی بقا[1] که تابعی از اطلاعات ژنتیکی است تغییر می‌کند، طبیعت افراد تواناتر را انتخاب می‌کند و افراد ضعیف نمی‌توانند نسل خود را گسترش دهند و نابود می‌شوند.

تکامل زیستی بر پایه‌ی همین سه مرحله مدلسازی می‌شود. ابتدا اطلاعات ژنتیکی افراد یک جامعه به وسیله‌ی ۱+ و ۱- به صورت دوتایی[2] کد بندی می‌شود و ژنوم[3] هر فرد مشخص می‌شود. این اطلاعات از والدین به فرزندان انتقال پیدا می‌کند و به صورت تصادفی و با نرخ جهش[4] مشخص تغییر می‌کنند. این جهش باعث تغییر در توانایی بقا، که تابعی از ژنوم است، خواهد شد و طبیعت بقا یا نابودی هر فرد را مشخص می‌کند.

این تئوری توضیح دهنده‌ی بسیاری از پدیده‌های زیستی است و به عنوان مهم‌ترین اصل در علم زیست‌شناسی مطرح است. شواهد تجربی بسیاری صحت تکامل زیستی را تایید می‌کند و گوناگونی و تنوع زیستی نتیجه‌ی این فرایند است.

در این فصل ابتدا در قسمت ۲-۲ مفاهیم ژنتیک به صورت خلاصه ارائه می‌شود و در قسمت ۳-۲ مدلسازی‌های ریاضی تکامل داروینی ارائه خواهد شد.

۲-۲ مفاهیم ژنتیک

علم ژنتیک شاخه‌ای از زیست‌شناسی است که تغییرات ویژگی‌های وراثتی موجودات را مورد مطالعه قرار می‌دهد. این شاخه از علم به بررسی ریشه‌ی تغییرات ژنتیکی و همچنین نتایج این تغییرات می‌پردازد. اطلاعات ژنتیکی هر فرد تعیین کننده‌ی شکل ظاهری و رفتار آن است و این اطلاعات از یک نسل به نسل بعدی انتقال پیدا می‌کند.

مکانی که اطلاعات ژنتیکی در آن ذخیره می‌شود، مرکز وراثت می‌باشد و در داخل سلول قرار دارد. در ارگانیسم‌های اوکاریوتیک[5] هسته‌ی سلول حامل ماده‌ی ژنتیکی است. و در پروکاریوت‌ها[6] مانند باکتری‌ها ماده‌ی ژنتیکی در یک مکان باز داخل سلول قرار دارد. در مورد ویروس‌ها که سلول‌های واقعی نیستند ماده‌ی ژنتیکی در داخل یک پوشش پروتئینی قرار دارد.

---

[1] Fitness
[2] Binary
[3] Genome
[4] Mutation rate
[5] Eukaryotic
[6] Prokaryotes

مادهی ژنتیکی در اوکاریوتها و پروکاریوتها مولکول DNA[1] است که اطلاعات بر روی آن کدبندی شیمیایی میشود. در مورد ویروسها هم DNA و هم RNA[2] این کار را انجام می-دهند و میتوانند نقش مادهی ژنتیکی را داشته باشند.

DNA و RNA دو نوع از اسیدهای نوکلئیک هستند که در ارگانیسمها مشاهده میشوند. نوکلئیک اسیدها به همراه کربوهیدراتها، لیپیدها و پروتئینها چهار نوع مولکولهای زیستی موجودات زنده را تشکیل میدهند. DNA معمولا یک مولکول دو رشتهای است که به صورت یک مارپیچ دوتایی شکل میگیرد (شکل ۲,۱).

در داخل DNA واحدهای وراثتی قرار دارند که آنها را ژن[3] مینامیم که قسمتی از یک کرومزوم[4] است، به زبان ساده ژن واحد نگهداری اطلاعات وراثتی است. از نظر شیمیایی ژنها آرایههای خطی از نوکلئوتیدها، یا به عبارتی واحدهای سازندهی DNA و RNA هستند. این واحدها قابلیت رونویسی، جهش و ترجمه را دارند.(شکل ۲,۱)

کرومزوم در ویروسها و باکتریها معمولا یک مولکول DNA است که به شکل خاصی در فضا قرار گرفته است. اما در مورد اوکاریوتها کرومزوم ساختار پیچیدهتری دارد و تشکیل شده از یک شاخهی DNA که به وسیلهی پروتئینها به شکل پیچیدهای در آمده است. کرومزومها وقتی که از درون باکتریها یا ویروسها خارج میشوند، به وسیلهی میکروسکوپ الکترونی قابل مشاهده هستند. در اوکاریوتها کرومزوم در زیر میکروسکوپ نوری هنگام تقسیم میوز[5] یا میتوز[6] قابل مشاهده هستند.

[1] Deoxyribonucleic acid
[2] Ribonucleic acid
[3] Gene
[4] Chromosome
[5] Meiosis
[6] Mitosis

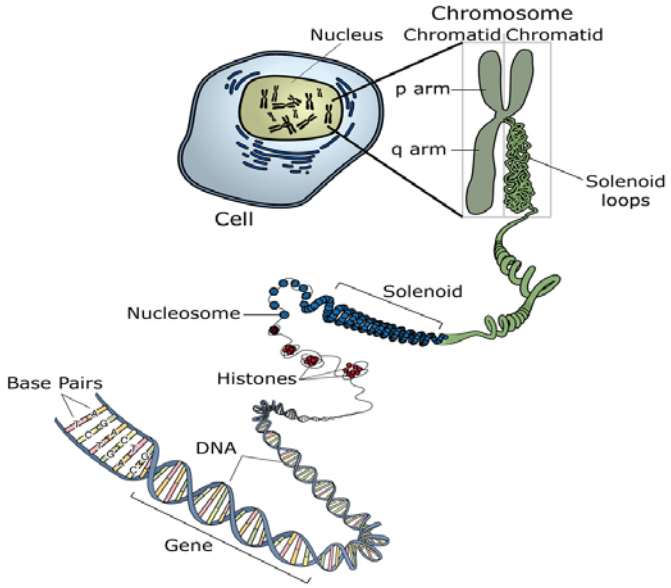
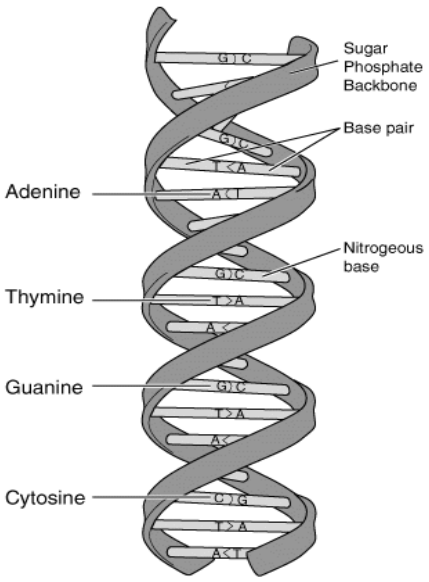


Image adapted from: National Human Genome Research Institute.

شکل ۲,۱

در این شکل سلول، هسته، کرومزوم و ساختار آن، DNA و ژن و مکان آنها نشان داده شده است

تقسیم میتوز فرایندی است که طی ان ماده ژنتیکی سلول‌های اوکاریوت دو برابر می‌شود و بین دو سلول جدید تقسیم می‌شود. میوز فرایندی است که طی آن در اثر تقسیم سلولی سلول‌های جنسی گیاهان و حیوانات ایجاد می‌شود که مسول فرایند تولیدمثل هستند. در تقسیم میتوز سلول ایجاد شده حاوی تمام ماده‌ی ژنتیکی یک سلول است در صورتی که در تقسیم میوز سلول‌ها با نصف ماده‌ی ژنتیکی تولید می‌شود و فرزندان نصف ماده‌ی ژنتیکی را از پدر و نصف آن را از مادر خود به ارث می‌برند.



شکل ۲,۲

ساختار DNA و نوکلئوتیدهای تشکیل دهنده‌ی آن که ادنین، تیمین، گوانین و سایتوزین هستند

تغییرات ژنتیکی دارای دو منشا هستند اولی تغییرات کرومزومی و دومی جهش ژنتیکی است. تغییرات کرومزومی را معمولا انحراف کرومزومی[1] می‌گویند. که شامل دوتا شدن، حذف کرومزومی و جابه‌جایی قطعات کرومزوم است. جهش ژنتیکی حاصل تغییر در اطلاعاتی است که که به صورت شیمیایی بر روی DNA قرار گرفته است. برای اینکه تغییرات ژنتیکی مشاهده شود باید تغییرات قابل مشاهده‌ای در ویژگی‌های موجودات صورت گیرد.

چگونه اطلاعات بر روی DNA ثبت می‌شود؟ DNA از تعدادی دنباله‌ی نوکلئوتیدی تشکیل شده است که هر کدام از این دنباله‌ها را ژن می‌نامیم. اطلاعات هر ژن به صورت کد ژنتیکی است که ویژگی‌های شیمیایی پروتئین‌ها، که محصولات نهایی عمل ترجمه هستند، را مشخص می‌کند. چهار نوع نوکلئوتید در DNA وجود دارد که عبارتند از آدنین[2]، تیمین[3]، گوانین[4] و سایتوزین[5] (شکل۲,۱). هر ترتیب سه‌تایی از این نوکلئوتیدها یک کلمه‌ی ژنتیکی است. در (شکل۲,۲) فرهنگ ترجمه‌ی کد ژنتیکی آورده شده است. در این شکل به دلیل اینکه در RNA به جای تیمین یوراسیل قرار می‌گیرد کدبندی با یوراسیل انجام شده است. تقریبا همه‌ی ترکیبات سه‌تایی یک آمینو اسید است. آمینو اسیدها واحدهای ساخت پروتئین هستند. اطلاعات ثبت شده بر روی DNA طی فرایند رونویسی به مولکول RNA پیغام‌بر داده می‌شود و سپس فرایند ترجمه اتفاق می‌افتد و در نهایت پروتئین تشکیل می‌شود.

جهش ژنتیکی باعث تغییر در ترتیب نوکلئوتیدها می‌شود و این تغییر می‌تواند اثرات قابل مشاهده‌ای در بدن موجودات به وجود آورد. در (شکل۲,۲) تعدادی از جهش‌های شناخته شده و همچنین نتیجه‌ی آن‌ها مشاهده می‌شود. این جهش‌های ژنتیکی در بدن والدین می‌تواند بر روی DNA فرزندان تاثیر بگذارد. این تغییرات باعث تغییر در ویژگی‌های افراد شده و می‌تواند عامل افزایش و یا کاهش توانایی بقا شود. انتخاب طبیعی افرادی که توانایی کافی برای تولید-مثل دارند را انتخاب می‌کند و بقیه به مرور زمان از بین می‌روند [۴،۵،۱۰].

[1] Chromosomal aberrations
[2] Adenine
[3] Thymine
[4] Guanine
[5] Cytosine