

آنالیزهای فیلوژنی: اصول و عملیات

نگارندگان

دکتر ناصر رخ کاظم پور اوصالو

مهندس فریدون محروک



سرشناسه: کاظم پور اوصالو، شاهرخ
عنوان و نام پدیدآور: آنالیزهای فیلوژنی: اصول و عملیات/ نگارندگان شاهرخ کاظم پور اوصالو، فریده محرک.
مشخصات نشر: تهران: دانشگاه تربیت مدرس، مرکز نشر آثار علمی، ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهری: ۳۸۷ ص.: مصور، جدول، نمودار.
فروست: دانشگاه تربیت مدرس، مرکز نشر آثار علمی؛ ۱۸۷/۲۹.
شابک: ۹۷۸۶۰۰۷۵۸۹۱۱۳
وضعیت فهرست نویسی: فیبا
یادداشت: واژه‌نامه.
یادداشت: کتابنامه.
یادداشت: نمایه.
موضوع: تکامل انواع
موضوع: تکامل (زیست‌شناسی)
شناسه افزوده: محرک، فریده، ۱۳۶۶ -
شناسه افزوده: دانشگاه تربیت مدرس، مرکز نشر آثار علمی
رده‌بندی کنگره: ۱۳۹۴ QL۴۳۸/۵/۵۷۱۸
رده‌بندی دیویی: ۵۹۱/۳۸
شماره کتابشناسی ملی: ۳۹۵۸۷۴۹

آنالیزهای فیلوژنی: اصول و عملیات
نگارندگان: دکتر شاهرخ کاظم پور اوصالو، فریده محرک
براست: دبی: فنی: دکتر فریبا شکوهی
طرح: ترنج
صفحه: سمیه زهانی
ناشر: مرکز نشر آثار علمی دانشگاه تربیت مدرس
شماره انتشار: ۱۸۷/۱
شماره پیاپی: ۱۱۳
تاریخ انتشار: ۳۹۴
شمارگان: ۱۰۰۰

ISBN: 978-600-7589-11-3

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۵۸۹-۱۱-۳

نویت چاپ: اول
کارشناس اجرایی: فریبا کرمانی
ناظر چاپ: مصطفی جانیجانی
لیتوگرافی: ایران گرافیک
چاپ و صحافی: شمس
مرکز پخش: تقاطع بزرگراه‌های آل‌احمد و دکتر چمران،
دانشگاه تربیت مدرس، مرکز نشر آثار علمی، صندوق پستی: ۱۴۱۱۵-۳۱۸
دورنگار: ۸۲۸۸۳۰۳۲
تلفن: ۸۲۸۸۳۰۹۶
بها: ۲۵۰۰۰۰ ریال

صحت مطالب کتاب بر عهده نگارندگان است.

پیشگفتار ناشر

حکایت خزانیدن و نوشتن، نشان از هویت دینی و ملی ایرانیان است که حضرت حق فرمان را بر خزانیدن نهاد و این گونه رسالت خاتم خود را آغاز کرد.

دانشگاه تربیت مدرس نیز همگام با رسالت خطیر خود در راستای اجرای بند ۷ آیین نامه پذیرش کتابهای تألیف و ترجمه‌ای دانشگاه تربیت مدرس و با هدف ارائه و نشر نتایج پژوهش‌های دانشجویان، علمی کشور در طی تدریس، تحقیق، راهنمایی و مشاوره پایان نامه‌های کارشناسی، رساله‌های دکتری دانش‌پژوهان و بهره‌مندی از آخرین پژوهش‌ها و یافته‌های محققان ایران و جهان به منظور تأمین منابع علمی دانشگاه‌های کشور، منطقه و جهان با سفارش تألیف در این عرصه گام نهاده است.

در این راستا بیست و نهمین کتاب سفارش تألیف با عنوان «آنالیزهای فیلوژنی: اصول و عملیات» تألیف جناب آقای دکتر شاهرخ کاظم پور و دو هیأت علمی دانشکده علوم زیستی دانشگاه تربیت مدرس و سرکار خانم فریده محرز دانشجوی مقطع دکتری زیست‌شناسی - سیستماتیک گیاهی دانشگاه تربیت مدرس را پیش روی خوانندگان گرامی قرار داده است.

امید است نخبگان و صاحب نظران، ضمن یاری رساندن به دانشگاه، پیشنهادهای ارزنده خود را نیز به منظور اجرای موفق و مناسب این طرح ارائه فرمایند.

با آرزوی توفیق الهی

دکتر بهمن‌فتح‌اللهی

معاون پژوهشی و فناوری دانشگاه

فهرست مطالب

پیشگفتار نگارندگان.....	ز
فصل ۱- مقدمه ۱-۱ بر فیازنی.....	۱
۱-۱ سیستماتیک فیلوژنی (دیدیستیک).....	۱
۲-۱ فیتیک در مقابل کلاسیک.....	۲
۳-۱ داده‌های مورد استفاده در فیلوژنی.....	۳
۴-۱ معیارهای انتخاب تاکسون و صفت.....	۳
۱-۴-۱ انتخاب تاکسون.....	۴
۲-۴-۱ تعریف و انتخاب صفت.....	۴
۵-۱ فیلوژنی مولکولی.....	۵
۶-۱ انواع داده‌های مولکولی.....	۸
۱-۶-۱ داده‌های صفاتی.....	۹
۲-۶-۱ داده‌های فاصله‌ای.....	۹
۷-۱ روش‌های تفسیر درختان فیلوژنی.....	۱۰
فصل ۲- بلست و هم‌ردیف‌سازی توالی‌ها.....	۱۳
۱-۲ مقدمه.....	۱۳
۲-۲ پایگاه‌های اطلاعاتی.....	۱۴
۳-۲ جستجوی بلست (BLAST).....	۱۴

ب آنالیزهای فیلوژنی: اصول و عملیات

- ۲-۴ هم‌ردیف‌سازی توالی‌ها ۲۱
- ۲-۴-۱ روش‌های شباهت و فاصله ۲۳
- ۲-۴-۲ هم‌ردیف‌سازی‌های چندگانه ۲۷
- ۲-۴-۳ هم‌ردیف‌سازی چندگانه با برنامه CLUSTAL ۲۸
- ۲-۵ تبدیل فرمت nexus تکه‌تکه به فرمت nexus معمولی ۳۷
- فصل ۳-درختان فیلوژنی** ۴۵
- ۳-۱ مقدمه‌ای بر درخت فیلوژنی و واژه‌شناسی آن ۴۵
- ۳-۱-۱ واژگان مربوط به درختان فیلوژنی ۴۵
- ۳-۲ انواع درختان ۵۳
- ۳-۲-۱ کدر درختان، فیم‌گرام و درخت اولترامتریک ۵۳
- ۳-۲-۲ درختان شاخه‌دار و ریشه ۵۴
- ۳-۲-۲-۱ ریشه‌دار کردن درخت ۵۵
- ۳-۳ مختصرنویسی درختان فیلوژنی ۵۷
- ۳-۴ درخت ژنی و درخت گونه‌ای ۵۸
- ۳-۵ شبکه‌ها ۶۲
- ۳-۵-۱ شبکه فیلوژنی بدون ریشه ۶۵
- ۳-۵-۱-۱ شبکه‌های دوبخشی ۶۵
- ۳-۵-۱-۱-۵-۱ شبکه‌های دوبخشی حاصل از ماتریس حاصل ۶۸
- ۳-۵-۱-۱-۵-۲ شبکه‌های دوبخشی ناشی از ادغام درختان فیلوژنی ۶۹
- ۳-۵-۱-۱-۵-۳ شبکه‌های دوبخشی حاصل از توالی‌ها ۷۰
- ۳-۵-۲ شبکه فیلوژنی ریشه‌دار ۷۳
- ۳-۵-۲-۱ شبکه‌های دورگه‌سازی ۷۳
- ۳-۵-۲-۲ شبکه‌های نوترکیبی ۷۳
- ۳-۵-۲-۳ شبکه‌های DLT (مضاعف‌شدگی - کاهش - انتقال) ۷۴

فصل ۴- روش بیشینه صرفه جویی.....	۷۵
۱-۴ مقدمه.....	۷۵
۲-۴ آنالیز بیشینه صرفه جویی.....	۷۶
۳-۴ روش‌های ساختن درخت.....	۸۰
۴-۴ روش‌های جستجوی درخت بهینه.....	۸۴
۴-۴-۱ جستجوهای دقیق.....	۸۵
۴-۴-۲ جستجوهای ابتکاری.....	۸۸
۵-۴ بینگ کلی در مقابل بهینگی موضعی.....	۹۳
۶-۴ معیارهای بهینگی.....	۹۴
۴-۶-۱ بهینگی صفت غیرترتیبی و ترتیبی.....	۹۴
۴-۶-۱-۱ بهینگی صفات غیرترتیبی (فیج).....	۹۴
۴-۶-۱-۲ بهینگی صفات ترتیبی (واگنر).....	۹۷
۴-۶-۲ بهینگی دولو.....	۹۸
۴-۶-۳ بهینه‌سازی صفات روی کلادوگرام.....	۹۹
۷-۴ درخت اجماعی.....	۱۰۰
۸-۴ تعیین حدود اطمینان کلادها.....	۱۰۲
۸-۴-۱ آنالیز بوتسترپ.....	۱۰۲
۸-۴-۲ روش جک‌نایف.....	۱۰۲
۸-۴-۳ شاخص زوال یا برمر.....	۱۰۳
۸-۴-۴ آمار توصیفی کلادوگرام‌ها.....	۱۰۵
۹-۴ بیشینه صرفه جویی هم‌سنگ (غیر ارزشی) و ناهم‌سنگ (ارزشی).....	۱۱۳
۱۰-۴ جاذبه شاخه‌های بلند (LBA).....	۱۱۴
۱۱-۴ آزمون ترکیب‌پذیری دو مجموعه اطلاعات (ILD test).....	۱۱۶
۱۲-۴ آنالیز فیلوژنی با برنامه PAUP*.....	۱۲۱
۱۳-۴ آزمون ترکیب‌پذیری با استفاده از PAUP*.....	۱۳۸

فصل ۵- مدل‌های جایگزینی نوکلئوتیدی	۱۴۳
۱-۵ مقدمه	۱۴۳
۲-۵ مدل‌های مارکوف تکاملی	۱۴۳
۱-۲-۵ مدل یک متغیری جاکز کانتور (JC69)	۱۴۵
۲-۲-۵ مدل دو متغیری کیمورا (K_2P)	۱۴۸
۳-۲-۵ مدل فلزنشتاین (F81)	۱۵۱
۴-۱-۵ مدل هاسه‌گاوا کیشینو و یانو (HKY85)	۱۵۲
۵-۲-۵ مدل‌های تامورا و نئی (TN93)	۱۵۳
۶-۲-۵ مدل GTR	۱۵۳
۷-۲-۵ مدل SYM	۱۵۴
۸-۲-۵ نرخ جایگزینی متغیر در میان جایگاه‌ها	۱۵۶
۳-۵ انتخاب بهترین مدل تکاملی	۱۵۷
۱-۳-۵ آزمون نسبت درستی اعمال سلسله مراتبی (hLRT)	۱۵۸
۲-۳-۵ معیار اطلاعاتی آکایکه (AIC)	۱۶۱
۴-۵ برنامه MrModelTest	۱۶۱
فصل ۶- روش‌های مبتنی بر فاصله	۱۶۷
۱-۶ مقدمه	۱۶۷
۲-۶ ماتریس فاصله	۱۶۷
۳-۶ فاصله‌های عددی	۱۶۸
۴-۶ فاصله‌های فرا عددی	۱۶۹
۵-۶ روش‌های تفسیر درخت براساس فاصله ژنتیکی	۱۷۱
۱-۵-۶ روش‌های آنالیز خوشه‌ای	۱۷۱
۱-۱-۵-۶ روش جفت گروهی ارزشی با میانگین‌های عددی (WPGMA)	۱۷۱
۲-۱-۵-۶ بازسازی درخت فیلوژنی با روش جفت گروهی غیرارزشی با میانگین‌های	
عددی UPGMA	۱۷۶

۱۸۲	۳-۱-۵-۶ مزایا و معایب روش‌های خوشه‌بندی
۱۸۳	۱-۲-۵-۶ روش الحاق همسایگان (NJ)
۱۹۴	۲-۲-۵-۶ مزایا و معایب روش الحاق همسایگان
۱۹۶	۶-۶ روش‌های مبتنی بر بهینگی
۱۹۷	۱-۶-۶ روش فیچ-مارگولیش
۲۰۰	۲-۶-۶ روش کمیته تکامل
۲۰۱	۷-۶ اجرای برنامه MEGA
۲۱۵	فصل ۷- روش پیشینه درست‌نمایی
۲۱۵	۱-۷ مقدمه
۲۱۶	۲-۷ پیشینه درست‌نمایی
۲۲۰	۳-۷ مفهوم پیشینه درست‌نمایی در فیلوژنی
۲۲۷	۴-۷ رابطه ریاضی محاسبه درست‌نمایی برای هر درخت
۲۳۰	۵-۷ یافتن درخت پیشینه درست‌نمایی
۲۳۲	۶-۷ آزمون SH
۲۳۳	۷-۷ آنالیز پیشینه درست‌نمایی
۲۳۳	۱-۷-۷ آنالیز پیشینه درست‌نمایی با برنامه MEGA
۲۳۷	۲-۷-۷ آنالیز پیشینه درست‌نمایی با برنامه IamLGUI
۲۴۴	۸-۷ اجرای آزمون SH
۲۵۳	فصل ۸- روش بیزین
۲۵۳	۱-۸ مقدمه
۲۵۳	۲-۸ قاعده آماری بیز
۲۵۶	۳-۸ احتمال پیشین پارامترها
۲۵۹	۴-۸ الگوریتم مارکوف چین مونت کارلو (MCMC)
۲۶۲	۵-۸ الگوریتم متروپولیس کاپلد مارکوف چین مونت کارلو (MCMCMC)
۲۶۴	۶-۸ همگرایی زنجیره‌ها

و آنالیزهای فیلوژنی: اصول و عملیات

۲۶۵.....	۷-۸ اجرای برنامه MrBayes
۲۸۵.....	۸-۸ شرح و تفسیر درخت‌های فیلوژنی
۲۸۷.....	فصل ۹- ساعت مولکولی، تخمین زمان واگرایی و تعیین درخت گونه‌ای
۲۸۷.....	۹-۱ مقدمه
۲۸۸.....	۹-۲ نرخ ناپایدار ساعت مولکولی
۲۸۹.....	۹-۳ ساعت موضعی
۲۸۹.....	۹-۴ تالی استیون
۲۹۰.....	۹-۵ ساعت مولکولی و برآورد زمان انشعاب توالی‌های اجدادی
۲۹۰.....	۹-۶ آزمون ساعت ولکولی
۲۹۶.....	۹-۷ تخمین زمان واگرایی با برنامه BEAST
۳۲۱.....	فصل ۱۰- تکامل صفات
۳۲۱.....	۱۰-۱ مقدمه
۳۲۱.....	۱۰-۲ برنامه Mesquite
۳۲۸.....	۱۰-۳ تجزیه و تحلیل روند تکامل صفات در چهار چوب فیلوژنی مولکولی
۳۳۳.....	مراجع
۳۵۳.....	واژه‌نامه توصیفی
۳۶۵.....	نمایه

پیشگفتار نگارندگان

امروزه باور اغلب صاحب‌نظران علم طبقه‌بندی موجودات زنده بر این است که استناد به شباهت‌های ریخت‌شناسی به‌تنهایی منجر به داوری‌های نادرست دربارهٔ روابط متصور بین موجودات زنده می‌شود، از این‌رو مقایسهٔ داده‌های ریخت‌شناسی با نتایج آنالیزهای فیلوژنتیکی به‌دست آمده از مقایسه توالی‌های نواحی ژنومی و یا غیرژنومی، راهکار مناسبی برای حصول علم‌پایه از روابط بین موجودات زنده است. همهٔ موجودات از یک جد مشترک تکامل یافته‌اند، فرایندهای مختلف مؤثر در ایجاد گوناگونی، به تنوع امروزی منجر شده است. این دکانیزم‌ها شامل جهش‌ها، دو برابر شدن ژن‌ها، نوآوری ژنوم‌ها و تبادل ژنتیکی مانند هوریکس، بازآرایی و انتقال افقی ژن هستند. روش‌های فیلوژنتیکی شباهت‌های بین ژن‌ها را با فرایند فرسایش این ژن‌ها هم‌ساخت هستند (دارای جد مشترک) در نظر می‌گیرند.

بازسازی روابط تکاملی، نیاز به دانش مقدماتی دربارهٔ مفاهیم علم تکامل، آشنایی با داده‌های مختلف به‌ویژه توالی‌های DNA و مفید بودن آن‌ها، انتخاب صحیح و حساب شدهٔ گونه‌ها و جنس‌های مناسب، بازسازی فیلوژنی و درنهایت تفسیر روابط بازسازی شده دارد. آشنایی با نرم‌افزارهای موجود و محیط‌های گرافیکی مرتبط نیز از ملزومات این نوع مطالعات است. کتاب حاضر براساس تجربهٔ چندین ساله تدریس نگارنده نخست و برگزاری کارگاه‌های آموزشی و مراجعه به معتبرترین آثار و مقالات در زمینهٔ

ح آنالیزهای فیلوژنی: اصول و عملیات

فیلوژنی تدوین شده است. در این کتاب، آموزش هر بخش با طرح مفاهیم پایه‌ای و اصولی آغاز شده و در پایان هر فصل مراحل اجرای نرم‌افزارها با رسم شکل برای استفاده عموم توضیح داده شده است مراجع مربوط به متن، جداول و اشکال ذکر شده‌اند؛ ولی اشکال مربوط به مراحل اجرای برنامه‌ها، بدون مرجع قید شده‌اند.

نوشته حاضر برای دانشجویان تحصیلات تکمیلی (کارشناسی ارشد و دکتری) رشته‌های سیستماتیک گیاهی و جانوری، سایر گرایش‌های زیست‌شناسی، گرایش‌های مختلف رشته کشاورزی به‌ویژه بیوتکنولوژی کشاورزی، بیماری‌شناسی گیاهی و حشره‌شناسی و همچنین گرایش‌های مختلف علوم پایه پزشکی نظیر ویروس‌شناسی، انگل‌شناسی، باکتری‌شناسی به‌عنوان کتاب درسی تدوین شده است. امید است این کتاب افزون بر دانش‌جویان، برای مدرسان و پژوهشگران نیز سودمند واقع شود. لذا تقاضا داریم که خوانندگان، ختم کاستی‌های احتمالی آن را یادآور شوند، تا در چاپ‌های بعدی اصلاح گردد.

در پایان از جناب استاد دکتر علی‌اصغر معصومی به‌دلیل تشویق‌های صمیمانه ایشان جهت نگارش این کتاب سپاسگزاری می‌کنیم و از سرکار خانم‌ها ربابه شاهی و هاجر حسن‌پور و جناب آقای مجید پدرام که از کمک‌های بی‌نیغشان در تمام مراحل تألیف بهره بردیم کمال تشکر را داریم.

شاهرخ کاظم‌پور اوصالو

فریده محرک