

کاپولا (مفصل)

و

کاربرد آن در هیدرولوژی و منابع آب

تألیف

لو چن

شنگلیان گو

ترجمه

دکتر آرش ملکیان

(دانشیار دانشگاه تهران)

دکتر پیام ابراهیمی

(استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان)

دکتر جمیله سلیمی کوچی

(کارشناس مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان)



شماره مسلسل ۱۰۹۰۵

شماره انتشار ۴۴۹۳

انتشارات دانشگاه تهران

سرشناسه	چن، لو	Chen, Lu, (Hydrologist)
عنوان و نام پدیدآور	کاپولا (مفصل) و کاربرد آن در هیدرولوژی منابع آب/ تألیف لو چن، شنگلیان گو؛ ترجمه آرش ملکیان، پیام ابراهیمی، جمیله سلیمی کوچی.	
مشخصات نشر	تهران: دانشگاه تهران، مؤسسه انتشارات، ۱۴۰۰.	
مشخصات ظاهری	۳۸۴ص: مصور، جدول، نمودار.	
فروست	انتشارات دانشگاه تهران؛ شماره انتشار ۴۴۹۳.	
شابک	978-964-03-0310-8	
وضعیت فهرست‌نویسی	فیبا	
یادداشت	عنوان اصلی: Copulas and Its Application In Hydrology And Water Resources, 2019.	
یادداشت	واژه‌نامه.	
یادداشت	کتابنامه.	
یادداشت	نمایه.	
عنوان دیگر	مفصل‌ها و کاربرد آن در هیدرولوژی و منابع آب.	
موضوع	زمین‌شناسی مهندسی	Engineering Geology
موضوع	پی‌سازی	Foundations
موضوع	هیدرولیک	Hydraulics
موضوع	آب‌شناسی	Hydrology
موضوع		Statistics
شناسه افزوده	گو، شنگلیان، ۱۹۵۷-م.	Shenglian, Guo, 1957.
شناسه افزوده	ملکیان، آرش، ۱۳۵۲-مترجم	
شناسه افزوده	ابراهیمی، پیام، ۱۳۵۲-مترجم	
شناسه افزوده	سلیمی کوچی، جمیله، ۱۳۵۲-مترجم	
شناسه افزوده	دانشگاه تهران، مؤسسه انتشارات	University of Tehran. Press
رده‌بندی کنگره	۱۴۰۰	TAV۰۵
رده‌بندی دیویی	۶۲۴/۱۵	
شماره کتابشناسی ملی	۸۵۲۶۱۵۲	

این کتاب مشمول قانون حمایت از حقوق مؤلفان و مصنفان است. تکثیر کتاب به هر روش اعم از فتوکپی، ریسوگرافی، تهیه فایل‌های pdf، لوح فشرده، بازنویسی در وبلاگ‌ها، سایت‌ها، مجله‌ها و کتاب، بدون اجازه کتبی ناشر مجاز نیست و موجب پیگرد قانونی می‌شود و تمامی حقوق برای ناشر محفوظ است.
(این کتاب با کاغذ حمایتی به‌چاپ رسیده است.)



عنوان: کاپولا (مفصل) و کاربرد آن در هیدرولوژی منابع آب
تألیف: لو چن- شنگلیان گو
ترجمه: دکتر آرش ملکیان- دکتر پیام ابراهیمی- دکتر جمیله سلیمی کوچی
نوبت چاپ: اول
تاریخ انتشار: ۱۴۰۰
شمارگان: ۱۰۰ نسخه
ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران
چاپ و صحافی: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

«مسئولیت صحت مطالب کتاب با مترجمان است»

بها: ۱,۳۰۰,۰۰۰ ریال

خیابان کارگر، شمالی - خیابان شهید فرش مقدم - مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

پست الکترونیک: press@ut.ac.ir - تارنما: <http://press.ut.ac.ir>

بخش و فروش: تلفکس ۸۸۳۳۸۷۱۲

کتاب پیش رو، شامل مجموعه وسیعی از کتاب‌های علمی چندرشته‌ای و بین‌رشته‌ای است که هدف آن محققان، دانشجویان و همه علاقه‌مندان به علوم آب است. مجموعه مذکور شامل پژوهش‌های بررسی‌شده، کتاب‌های درسی، مستندات ویرایش‌شده، رساله‌ها و جلسات کنفرانس است. کتاب‌های موجود در این مجموعه، تمامی حوزه‌های تحقیقاتی مربوط به آب مانند حرکت، توزیع و کیفیت آب شیرین؛ منابع آب؛ کیفیت و آلودگی آب و تأثیر آن بر سلامت؛ صنعت آب مانند آب آشامیدنی، فاضلاب و خدمات و فناوری‌های نمک‌زدایی؛ تاریخچه آب؛ مدیریت آب و جنبه‌های دولتی، سیاسی، توسعه و اخلاق آب را با هم ترکیب می‌کند.

اطلاعات بیشتر در مورد این مجموعه کتاب در:

<http://www.springer.com/series/13419>

لو چن. سنگلیان گو

کاپولا (مفصل) و کاربرد آن در هیدرولوژی و منابع آب

لو چن

دانشکده مهندسی نیروی برق آبی و اطلاعات

دانشگاه علوم و فناوری هوا و فضا

وو هان - هو بی - چین

سنگلیان گو

آزمایشگاه کلیدی دولتی منابع آب و علوم مهندسی برق آبی

دانشگاه وو هان

وو هان - هو بی - چین

ISSN 2364-6934

Springer Water

ISBN 978-981-13-0573-3

<https://doi.org/10.1007/978-981-13-0573-3>

ISSN 2364-8198 (electronic)

ISBN 978-981-13-0574-0 (eBook)

کتابخانه کنگره، شماره کنترل: 2018942911

© انتشارات بین‌المللی اشپرینگر سال ۲۰۱۹

این کتاب شامل حقوق کپی و چاپ است. حقوق استفاده از کتاب به صورت کامل یا بخشی از آن برای ناشر کتاب محفوظ است. حقوق مربوط به این کتاب شامل ترجمه، چاپ مجدد، استفاده از تصاویر، ارجاع، توزیع کتاب، استفاده از محتوا در میکروفیلم یا هر روش فیزیکی دیگر، کپی یا ذخیره اطلاعات و بازیابی آن، کپی الکترونیکی، استفاده در نرم‌افزار کامپیوتری یا روش‌های مشابه و سایر روش‌های توسعه‌ای دیگر است.

به کارگیری اسامی توصیف‌شده، اسامی ثبت‌شده، علائم تجاری، علائم خدماتی و... در این کتاب حتی در صورتی که به طور خاص اشاره نشوند، معاف از قوانین و مقررات حفظ حقوق نشر نبوده و برای استفاده عمومی رایگان نیستند.

ناشر، نویسندگان و سردبیران اطمینان می‌دهند مشاوره‌ها و اطلاعات این کتاب در تاریخ انتشار، دقیق و صحیح است. ناشر، نویسندگان و سردبیران با توجه به موارد ذکرشده برای هرگونه خطا، ضمانت بیانی یا ضمنی ارائه نمی‌دهند. ناشر با توجه به چارچوب‌های قانونی منتشرشده و بدون وابستگی‌های نهادی بی‌طرفانه عمل می‌کند.

بسم الله الرحمن الرحيم

فهرست مطالب

پیشگفتار مترجمان ل

فصل اول: مقدمه ۱

۱-۱ تحلیل فراوانی هیدرولوژیکی تک‌متغیره ۱

۲-۱ تحلیل فراوانی هیدرولوژیکی چندمتغیره ۵

۳-۱ تحلیل همبستگی ۷

۴-۱ حوزه تمرکز و ساختار کتاب ۹

منابع ۱۲

فصل دوم: تئوری کاپولا ۱۵

۱-۲ تابع کاپولا ۱۵

۱-۱-۲ مفاهیم ۱۵

۲-۱-۲ ویژگی‌های کاپولاها ۱۶

۳-۱-۲ کاپولاهاى شرطی ۱۷

۲-۲ کاپولاهاى ارشمیدسی ۱۷

۱-۲-۲ کاپولاهاى ارشمیدسی دومتغیره ۱۷

۱-۱-۲-۲ کاپولای گمبل ۱۸

۲-۱-۲-۲ کاپولای فرانک ۱۸

۳-۱-۲-۲ کاپولای کلیتون ۱۸

۴-۱-۲-۲ کاپولای علی - میکائیل - حق ۱۹

۵-۱-۲-۲ کاپولای جو ۱۹

۲-۲-۲ کاپولاهاى ارشمیدسی چندمتغیره ۱۹

۱-۲-۲-۲ کاپولای ارشمیدسی متقارن ۲۰

۲-۲-۲-۲ کاپولای ارشمیدسی نامتقارن ۲۱

۳-۲-۲-۲ کاپولای گمبل ایکس ۲۲

۲۳	۳-۲-۲ کاربرد کاپولاهای ارشمیدسی در هیدرولوژی
۲۴	۳-۲ کاپولاهای متا - بیضوی
۲۴	۱-۳-۲ کاپولاهای متا - بیضوی
۲۵	۲-۳-۲ ساختار کاپولاها
۲۵	۱-۲-۳-۲ کاپولای متا-گوسی
۲۶	۲-۲-۳-۲ کاپولای تی استیودنت
۲۷	۳-۳-۲ کاربردهای کاپولای متا - بیضوی در هیدرولوژی
۲۸	۴-۲ روش برآورد مؤلفه‌های کاپولا
۲۸	۱-۴-۲ روش برآورد مؤلفه برای کاپولای ارشمیدسی
۲۸	۱-۱-۴-۲ ضریب همبستگی کندال
۲۹	۲-۱-۴-۲ روش حداکثر درست‌نمایی
۲۹	۳-۱-۴-۲ توابع نتیجه‌گرا برای روش حاشیه‌ای
۳۰	۲-۴-۲ روش برآورد مؤلفه کاپولای متا - بیضوی
۳۰	۱-۲-۴-۲ برآورد مؤلفه بر اساس ضریب همبستگی کندال
۳۱	۲-۲-۴-۲ روش حداکثر درست‌نمایی
۳۲	۵-۲ نکویی برازش کاپولاها
۳۲	۱-۵-۲ سنجش برازش کاپولاها
۳۴	۲-۵-۲ آزمون نکویی برازش کاپولاها
۳۴	۶-۲ نظریه بی‌نظمی کاپولا
۳۴	۱-۶-۲ نظریه بی‌نظمی
۳۶	۲-۶-۲ معرفی بی‌نظمی کاپولا
۳۷	۳-۶-۲ ارتباط میان اطلاعات متقابل و بی‌نظمی کاپولا
۳۹	۴-۶-۲ محاسبه بی‌نظمی کاپولا
۳۹	۱-۴-۶-۲ روش ادغام چندگانه
۴۰	۲-۴-۶-۲ روش مونت کارلو
۴۱	منابع

فصل سوم: تحلیل فراوانی سیلاب بر پایه کاپولا

۴۵	۱-۳ معرفی
۴۶	۲-۳ تحلیل فراوانی حداکثر سیلاب سالانه با استفاده از کاپولا

۴۷	توزیع حاشیه‌ای حداکثر سیلاب سالانه به‌وقوع‌پیوسته	۱-۲-۳
۴۸	توزیع حاشیه‌ای اوج سیلاب حداکثر سالانه و حجم آن	۲-۲-۳
۴۸	توزیع دومتغیره وقوع حداکثر سیلاب سالانه و بزرگی آن	۳-۲-۳
۴۹	مطالعه موردی	۴-۲-۳
۴۹	محاسبه احتمال تجربی	۱-۴-۲-۳
۵۰	معیار برآورد	۲-۴-۲-۳
۵۰	احتمال شرطی	۳-۴-۲-۳
۵۱	مناسب‌سازی توزیع حاشیه‌ای	۴-۴-۲-۳
۵۲	بررسی فراوانی سیلاب بر پایه کاپولا و داده‌های تاریخی	۳-۳
۵۳	برآورد حداکثر درست‌نمایی برای نمونه‌های سانسور شده	۱-۳-۳
۵۵	تحلیل فراوانی سیلاب دومتغیره با داده‌های تاریخی	۲-۳-۳
۵۶	تابع نتیجه‌گرا برای روش حاشیه‌ای	۳-۳-۳
۵۷	روش IFM اصلاح‌شده در ارتباط با داده‌های تاریخی	۴-۳-۳
۵۹	مطالعه موردی	۵-۳-۳
۵۹	اندازه‌گیری‌های منظم ثبت‌شده و سیلاب‌های تاریخی	۱-۵-۳-۳
۶۰	برآورد متغیر برای توزیع‌های حاشیه‌ای	۲-۵-۳-۳
۶۱	احتمالات تجربی مشترک برای متغیرهای وابسته سیلاب	۳-۵-۳-۳
۶۳	تعیین کاپولا	۴-۵-۳-۳
۶۵	توزیع‌های شرطی مبتنی بر کاپولا	۵-۵-۳-۳
۶۶	مطالعات مقایسه‌ای و بحث‌ها	۶-۵-۳-۳
۶۷	انتخاب چندک سیلاب طراحی دومتغیره با استفاده از کاپولا	۴-۳
۶۸	دوره بازگشت دومتغیره	۱-۴-۳
۶۹	تعیین محدوده مشخص برای منحنی چندک دومتغیره	۲-۴-۳
۷۵	انتخاب چندک سیلاب دومتغیره	۳-۴-۳
۷۵	روش ترکیب فراوانی معادل	۱-۳-۴-۳
۷۶	روش ترکیبی امید ریاضی شرطی	۲-۳-۴-۳
۷۷	مطالعه موردی	۴-۴-۳
۷۷	منحنی چندک دومتغیره و شناسایی محدوده قابل اجرا	۱-۴-۴-۳
۷۸	برآورد چندک سیلاب دومتغیره	۲-۴-۴-۳
۷۹	هیدروگراف سیلاب طراحی بر اساس توزیع مشترک	۳-۴-۴-۳

فصل اول

مقدمه

۱-۱ تحلیل فراوانی هیدرولوژیکی تک‌متغیره

فراوانی هیدرولوژیکی تک‌متغیره نقش مهمی در برآورد وقوع مجدد سیل یا باران دارد. این تحلیل برای طراحی سازه‌هایی مانند سدها، پل‌ها، کالورت‌ها، بندها، بزرگراه‌ها، سیستم‌های تصفیه فاضلاب و ساختمان‌های با کاربرد صنعتی استفاده می‌شود. روش تحلیل فراوانی هیدرولوژیکی تک‌متغیره، احتمال یک رویداد یا مقدار یک سیل یا بارش طراحی T ساله (با دوره بازگشت T سال) را محاسبه می‌کند، بنابراین هدف اصلی تحلیل فراوانی هیدرولوژیکی تک‌متغیره، ایجاد ارتباط میان میزان بزرگی بارش یا سیل و بازه زمانی وقوع مجدد یا هم‌پایه دوره بازگشت است.

معمولاً از دو روش نمونه‌گیری برای تحلیل فراوانی هیدرولوژیکی تک‌متغیره استفاده می‌شود. یکی از آنها، روش نمونه‌برداری حداکثر سالانه (AM)^۱ و روش دیگر، نمونه‌گیری از اوج‌های بیش از آستانه (POT)^۲ یا سری زمانی جزئی (PDS)^۳ است. سری زمانی AM شامل حداکثر اوج‌ها یا حداکثر حجم بارش هر سال در دوره مورد بررسی است. روش دیگر شامل تمامی اوج‌هایی است که از میزان آستانه تعیین‌شده تجاوز کرده‌اند (بن - زوی، ۲۰۰۹).^۴ آن گونه که مرسوم است، دوره بازگشت تک‌متغیره با برازش یک تابع توزیع احتمال بر مشاهدات ثبت‌شده مانند سری‌های هیدرولوژیکی حدی AM و POT برآورد می‌شود (لی و ژانگ، ۲۰۱۶).^۵

روش‌های تجزیه و تحلیل فراوانی هیدرولوژیکی عمدتاً شامل دو مرحله انتخاب توزیع مرجع مناسب و سپس برآورد پارامترهای توزیع انتخاب‌شده می‌شود. توزیع تحلیل هیدرولوژیکی تک‌متغیره در بسیاری از پژوهش‌ها بررسی شده است. مدل‌های توزیع احتمال مختلفی در مطالعات فراوانی هیدرولوژیکی به کار رفته‌اند. این توزیع‌ها عبارت‌اند از توزیع‌های دوپارامتری مانند گمبل^۶، ویبول^۷، گاما^۸ و لوگ نرمال^۹.

1. Annual maximum
2. Peaks-over-threshold
3. Partial duration series
4. Ben-Zvi
5. Li and Zheng
6. Gumbel
7. Weibull
8. Gamma
9. Lognormal

(دو^۱ و همکاران، ۲۰۱۵؛ گیرالدو گارسیا^۲، ژیانگ^۳ و همکاران، ۲۰۱۵؛ یارینی^۴ و همکاران، ۲۰۰۹) و توزیع سه پارامتری مانند مقدار حدی تعمیم یافته (GEV)^۵ (کانن^۶، ۲۰۱۰؛ آدلونی^۷ و همکاران، ۲۰۰۷) و پیرسون تیپ^۸ (چن^۹ و همکاران، ۲۰۱۰، ۲۰۱۵). توزیع های رایج در هیدرولوژی در جدول ۱-۱ آمده است. برای تعیین آنکه کدام مدل توزیع یا برازش مناسبی با سری داده های به کاررفته دارد از آزمون کولموگوروف اسمیرنوف^{۱۰}، اندرسون - دارلینگ^{۱۱} و کای اسکور^{۱۲} استفاده شده است.

روش های برآورد مؤلفه که به طور گسترده برای تحلیل فراوانی هیدرولوژیکی تک منغیره استفاده می شوند شامل روش گشتاورها (MOM)^{۱۳}، روش حداکثر درست نمایی (ML)^{۱۴} و روش گشتاورهای-ال^{۱۵} هستند. محدودیت روش گشتاورها (MOM) در آن است که گشتاور سری داده ها به یک نسبت به وسیله مقادیر کوچک تحت تأثیر قرار می گیرد و گشتاورهای بالاتر (مانند ضرایب چولگی و تغییر) تحت تأثیر مقادیر حدی قرار می گیرند (حداد و رحمان^{۱۶}، ۲۰۱۱). روش جایگزین برای روش گشتاورها در برآورد مؤلفه های یک توزیع، روش حداکثر درست نمایی است. حداد و رحمان (۲۰۱۱)، نشان دادند در اغلب موارد حداکثر درست نمایی روشی نیرومند است و ویژگی های آماری خوبی را برای برآورد کنندگان فراهم می کند. روش دیگری که توسط محققان توصیه می شود روش گشتاورهای-ال است. این روش کمتر تحت تأثیر مقادیر حدی مجموعه داده ها قرار دارد (هاسکینگ^{۱۷}، ۱۹۹۰). همچنین روش گشتاورهای-ال وزن بیشتری به مقادیر بزرگ تر در سری داده های هیدرولوژیکی می دهد، از این رو انتظار می رود برازش بهتری را برای دنباله بالای توزیع فراهم کند (وانگ^{۱۸}، ۱۹۹۷).

1. Du
2. Giraldo and Garcia
3. Jiang
4. Villarini
5. General extreme value
6. Cannon
7. Adlouni
8. Pearson type III
9. Chen
10. Kolmogorov-Smirnov
11. Anderson-Darling
12. Chi-squared
13. Method Of Moments (MOM)
14. Maximum Likelihood
15. L-moments
16. Haddad and Rahman
17. Hosking
18. Wang