

الحمد لله  
الرحمن  
الرحيم





وزارت علوم، تحقیقات و فناوری  
پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی

---

# ابزارهای کاربردی اکسل در بیومکانیک

---

تألیف

**دکتر علی شریف نژاد**

(عضو هیات علمی پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی)

**فهمیه خوش مرام**

۱۳۹۸

سرشناسه	: شریف نژاد، علی، ۱۳۵۶
عنوان و نام پدید آور	: ابزارهای کاربردی اکسل در بیومکانیک. دکتر علی شریف نژاد، فهیمه خوش مرام
مشخصات نشر	: تهران: پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی، انتشارات، ۱۳۹۸.
مشخصات ظاهری	: ۱۰۶ص. مصور، جدول، نمودار.
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۸۹۳۰-۲۲-۸
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: عنوان اصلی: <i>Excel Biomechanical Toolbar</i>
موضوع	: بیومکانیک ورزشی
موضوع	: <i>sport biomechanics</i>
موضوع	: نرم افزار
موضوع	: software
شناسه افزوده	: شریف نژاد، علی، ۱۳۵۶ - مؤلف
شناسه افزوده	: خوش مرام، فهیمه، ۱۳۷۰ - مؤلف
شناسه افزوده	: پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی. انتشارات
رده بندی کنگره	: QP۳۰۳
رده بندی دیویی	: ۶۱۲/۷۶
شماره کتابشناسی ملی	: ۵۸۰۷۱۱۷



پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی

## ابزارهای کاربردی اکسل در بیومکانیک

تألیف: دکتر علی شریف نژاد، فهیمه خوش مرام

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۸۹۳۰-۲۲-۸

ناشر: پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی

شمارگان: ۵۰۰ نوبت چاپ: تهران، اول ۱۳۹۸ قطع: وزیری

صفحه آرای و طراحی جلد: انتشارات پادینا چاپ و صحافی: کیامرثی

قیمت: ریال

تهران: خیابان مطهری، خیابان میرعماد، کوچه پنجم، پلاک ۳- کد پستی: ۱۵۸۷۹۵۸۷۱۱

تلفن: ۸۸۸۴۷۸۸۴ (۰۲۱) نامبر: ۸۸۷۳۹۰۹۲ ssrc.ac.ir [info@ssrc.ac.ir](mailto:info@ssrc.ac.ir)

## پیشگفتار

تربیت بدنی و علوم ورزشی به عنوان یک حوزه علمی دانشگاهی در سال‌های اخیر روند رو به رشدی را در تمامی زمینه‌های آموزشی، پژوهشی و اجرایی داشته است. یکی از مسائل مهم مورد توجه مسئولان و برنامه‌ریزان، شناسایی، فراهم سازی و تقویت زمینه‌های لازم برای تولید دانش علوم ورزشی و به کارگیری علوم ورزشی تولید یافته در عرصه‌های ورزش قهرمانی و میادین بین المللی و نیز ورزش همگانی و سلامت عمومی است. به همین جهت پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی که در راستای سیاست‌های علمی، آموزشی و پژوهشی خود، برای انتقال آخرین یافته‌ها به منظور توسعه روزافزون دانش و فناوری در ایران اسلامی بنیان نهاد شده، در نظر دارد با فراهم کردن بستری مناسب برای پیشبرد فعالیت‌های پژوهشی و نیز ارتقای سطح علمی، فرهنگی و کمک به تلفیق علم و عمل، گامی مؤثر در رفع نیازهای علمی ورزش کشور بردارد. در این راستا، پژوهشگاه اقدام به انتشار کتاب‌های **علمی - ورزشی - تخصصی** برگرفته از تلاش‌های متخصصان، محققان و دانش‌آموختگان تربیت بدنی و علوم ورزشی نمود است. امید است با انتشار اینگونه کتب، به فضل خداوند متعال، گام‌های مؤثری در جهت تحقق اهداف عالی نظام جمهوری اسلامی ایران برداشته باشیم.

پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی  
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری



## فهرست مطالب

- ۱- فصل اول : مباحث مقدماتی ..... ۱۶
- ۱-۱- بیومکانیک ورزش ..... ۱۶
- ۱-۲- متخصصین بیومکانیک چگونه اطلاعات لازم را اندازه گیری می نمایند؟ ..... ۱۶
- ۱-۲-۱- دانشجویان علم بیومکانیک ورزشی چه چیزی را مطالعه می کنند؟ ..... ۱۹
- ۱-۳- اصول بیومکانیکی حرکت ..... ۲۰
- ۱-۳-۱- اصول کلی ..... ۲۱
- ۱-۳-۱-۱- کاربرد پیش-کشش یا چرخه کشش-انقباض در انقباضات عضلانی ..... ۲۱
- ۱-۳-۱-۲- کمینه سازی انرژی مصرفی برای اجرای یک تکلیف خاص یا اصل محدودیت تحریک عضلات ..... ۲۱
- ۱-۳-۱-۳- اصل حداقل پیچیدگی تکلیف یا کنترل درجات آزادی اضافی در زنجیره کینماتیک ..... ۲۱
- ۱-۳-۲- اصول جزئی ..... ۲۲
- ۱-۳-۲-۱- عملکرد ترتیبی عضله (تجمع نیروهای اینرسی، سازمان دهی متوالی، انتقال اندازه حرکت زاویه ای در طول زنجیره کینتیکی) ..... ۲۲
- ۱-۳-۲-۲- کمینه سازی اینرسی (افزایش شتاب حرکت) ..... ۲۲

- ۲۳ ..... ۱-۳-۲-۳-اصل تولید-جذب ضربه.
- ۲۳ ..... ۱-۳-۲-۴-پیشینه‌سازی مسیر شتاب.
- ۲۳ ..... ۱-۳-۲-۵-پایداری.
- ۲۴ ..... **۱-۴-انواع نیروها.**
- ۲۵ ..... ۱-۴-۱-مرکز جرم.
- ۲۶ ..... ۱-۴-۲-توازن و پایداری.
- ۲۸ ..... **۱-۵-اندازه‌گیری تنش و کرنش.**
- ۲۸ ..... ۱-۵-۱-اندازه‌گیری کرنش.
- ۲۹ ..... ۱-۵-۲-اندازه‌گیری تنش.
- ۳۰ ..... **۱-۶-سیستم اهرم.**
- ۳۱ ..... ۱-۶-۱-اتصال تاندون.
- ۳۱ ..... ۱-۶-۲-چینش تارهای عضله.
- ۳۱ ..... ۱-۶-۳-طول عضله.
- ۳۱ ..... ۱-۶-۴-زاویه مفصل.
- ۳۲ ..... **۱-۷-حرکت خطی.**
- ۳۴ ..... ۱-۷-۱-قوانین حرکت خطی.
- ۳۴ ..... ۱-۷-۱-۱-اینرسی و جرم.
- ۳۴ ..... ۱-۷-۱-۲-اندازه حرکت.
- ۳۴ ..... ۱-۷-۱-۳-قانون اول یا قانون اینرسی.
- ۳۵ ..... ۱-۷-۱-۴-قانون دوم یا قانون اندازه حرکت.
- ۳۵ ..... ۱-۷-۱-۵-قانون سوم یا قانون عمل و عکس‌العمل.
- ۳۵ ..... **۱-۸-برخورد بین اجسام.**
- ۳۶ ..... ۱-۸-۱-برخورد و فیزیک آن.



۳۸	۱-۸-۲-رابطه ضربه-اندازه حرکت.....
۳۹	۱-۹-اندازه حرکت زاویه‌ای - ایجاد، انتقال و تبادل.....
۴۱	۱-۹-۱-انتقال اندازه حرکت زاویه‌ای.....
۴۲	۱-۹-۲-تبادل اندازه حرکت زاویه‌ای.....
۴۳	۱-۱۰-سرعت زاویه‌ای.....
۴۳	۱-۱۰-۱-حس گرهای حرکت زاویه‌ای.....
۴۳	۱-۱۱-مکانیک جسم صلب.....
۴۴	۱-۱۲-تجزیه و تحلیل کمی و کیفی.....
۴۵	۱-۱۲-۱-تحلیل فازی و زمانی.....
۴۶	۱-۱۲-۱-۱-فاز آماده‌سازی.....
۴۷	۱-۱۲-۱-۲-فاز عمل.....
۴۷	۱-۱۲-۱-۳-فاز بازگشت.....
۴۷	۱-۱۲-۱-۴-تحلیل هم‌زمان حرکت.....
۵۰	۱-۱۲-۲-تحلیل ویدئویی.....
۵۳	۱-۱۳-ثابت و پردازش داده.....
۵۴	۱-۱۳-۱-تبدیل آنالوگ به دیجیتال.....
۵۵	۱-۱۳-۲-نمونه‌برداری.....
۵۵	۱-۱۳-۲-۱-کاهش نرخ نمونه‌برداری.....
۵۶	۱-۱۳-۳-حذف نویز.....
۵۷	۱-۱۳-۴-انتخاب روش حذف نویز.....
۵۸	۱-۱۳-۵-فیلترهای دیجیتالی.....
۵۹	۱-۱۳-۵-۱-روش تحلیل باقی‌مانده.....
۶۰	۱-۱۳-۶-سری فوریه.....

- ۶۱ ..... ۷-۱۳-۱-برازش منحنی
- ۶۱ ..... ۱-۷-۱۳-۱-درون‌یابی
- ۶۲ ..... ۲-۷-۱۳-۱-برازش منحنی اسپیرالین درجه پنج
- ۶۳ ..... ۱۴-۱- مشتق‌گیری
- ۶۳ ..... ۱۵-۱- انتگرال‌گیری
- ۶۴ ..... ۱۶-۱- منابع
- ۶۸ ..... ۲- فصل دوم: ابزار بیومکانیک
- ۶۸ ..... ۱-۲- مقدمات نصب ابزار بیومکانیک
- ۶۸ ..... ۱-۱-۲- پردازش داده
- ۶۹ ..... ۲-۱-۲- روش اجرا
- ۶۹ ..... ۱-۲-۱-۲- ماکرو اکسل چیست؟
- ۶۹ ..... ۲-۲-۱-۲- فعال‌سازی یک ماکرو
- ۷۰ ..... ۳-۲-۱-۲- روش فعال‌سازی ماکروی یک فایل در اکسل ۲۰۰۷
- ۷۱ ..... ۴-۲-۱-۲- روش فعال‌سازی ماکروی یک فایل در اکسل ۲۰۱۰
- ۷۲ ..... ۵-۲-۱-۲- چرا پیام هشدار فعال کردن ماکرو، نمایش داده نمی‌شود؟
- ۷۲ ..... ۶-۲-۱-۲- چند نکته در خصوص ماکروها
- ۷۲ ..... ۳-۱-۲- آماده‌سازی اکسل
- ۷۸ ..... ۲-۲- نصب ابزارهای بیومکانیک
- ۸۶ ..... ۳-۲- پردازش‌های عمومی
- ۸۶ ..... ۱-۳-۲- ابزار پر کردن شکاف
- ۸۸ ..... ۲-۳-۲- ابزار نرمال‌سازی زمانی
- ۸۹ ..... ۱-۲-۳-۲- نرمال‌سازی زمانی چیست؟
- ۸۹ ..... ۳-۳-۲- ابزار کاهش فرکانس

- ۹۱ ..... ۴-۳-۲- ابزار همزمان سازی نقطه نهایی
- ۹۲ ..... ۵-۳-۲- ابزار معکوس کردن داده ها
- ۹۳ ..... ۴-۲- الکترومیوگرافی
- ۹۳ ..... ۱-۴-۲- ابزار فیلتر پایین گذر باترورث
- ۹۵ ..... ۲-۴-۲- ابزار فیلتر بالاگذر بحرانی میرا
- ۹۷ ..... ۳-۴-۲- ابزار فیلتر میان گذر
- ۹۹ ..... ۴-۴-۲- ابزار یک سوسازی موج
- ۱۰۰ ..... ۵-۲- کینماتیک، کینماتیک
- ۱۰۰ ..... ۱-۵-۲- ابزار تحلیل باقی مانده
- ۱۰۲ ..... ۲-۵-۲- ابزار فیلتر پایین گذر باترورث
- ۱۰۳ ..... ۳-۵-۲- ابزار مشتق گیری
- ۱۰۴ ..... ۴-۵-۲- ابزار انتگرال گیری
- ۱۰۶ ..... ۶-۲- منابع

## فهرست تصاویر

- تصویر ۱-۱ تولید گشتاور زاویه‌ای (تصویر اقتباس از: Bartlett et al. ۲۰۱۲)..... ۴۱
- تصویر ۲-۱ نمونه‌برداری ..... ۵۵
- تصویر ۳-۱ مفهوم فرکانس نایکوئیست ..... ۵۶
- تصویر ۴-۱ تحلیل باقی‌مانده (تصویر اقتباس از: Winter DA ۲۰۰۹)..... ۶۰
- تصویر ۱-۲ نمایش پسوند فایل ..... ۶۹
- تصویر ۲-۲ پیغام هشدار در اکسل ۲۰۰۷ ..... ۷۰
- تصویر ۳-۲ گزینه‌های پیغام هشدار ..... ۷۱
- تصویر ۴-۲ هشدار فایل دارای ماکرو در اکسل ۲۰۱۰ ..... ۷۱
- تصویر ۵-۲ پیغام هشدار فایل دانلود شده از اینترنت ..... ۷۱
- تصویر ۶-۲ رجوع به سربرگ فایل ..... ۷۳
- تصویر ۷-۲ رجوع به options ..... ۷۳
- تصویر ۸-۲ تیک زدن گزینه‌ها ..... ۷۴
- تصویر ۹-۲ رجوع به Add-ins ..... ۷۴
- تصویر ۱۰-۲ رجوع به بخش Manage ..... ۷۵

۷۵	تصویر ۱۱-۲ نمایش صفحه Add-ins
۷۶	تصویر ۱۲-۲ برداشتن تیک گزینه‌ها در Add-ins
۷۶	تصویر ۱۳-۲ بررسی Add-in های فعال
۷۷	تصویر ۱۴-۲ غیرفعال کردن Add-in ها
۷۷	تصویر ۱۵-۲ Add-in های غیرفعال شده
۷۸	تصویر ۱۶-۲ صفحه‌ای بدون Add-in فعال
۷۹	تصویر ۱۷-۲ شروع نصب نرم‌افزار
۷۹	تصویر ۱۸-۲ تعیین محل نصب نرم‌افزار
۸۰	تصویر ۱۹-۲ تعیین پوشه ذخیره‌سازی
۸۰	تصویر ۲۰-۲ تأیید درخواست نصب
۸۱	تصویر ۲۱-۲ مرحله نصب شدن نرم‌افزار
۸۱	تصویر ۲۲-۲ تأیید نهایی
۸۲	تصویر ۲۳-۲ پایان نصب
۸۲	تصویر ۲۴-۲ افزوده شدن Add-ins به سربرگ اکسل
۸۳	تصویر ۲۵-۲ انتخاب ستون داده‌ها
۸۴	تصویر ۲۶-۲ انتخاب ابزار موردنظر
۸۵	تصویر ۲۷-۲ Paste کردن نتایج
۸۶	تصویر ۲۸-۲ انتخاب ابزار Gap filling
۸۷	تصویر ۲۹-۲ تعیین ماکزیمم مقدار پیش فرض برای داده‌های گم شده
۸۷	تصویر ۳۰-۲ تأیید مرحله بررسی چشمی
۸۸	تصویر ۳۱-۲ انتخاب ابزار نرمال‌سازی زمانی
۸۸	تصویر ۳۲-۲ تعداد نمونه‌ها
۸۹	تصویر ۳۳-۲ مثال نرمال‌سازی زمانی (اقتباس از: Konrad 2005)

- تصویر ۲-۳۴ انتخاب ابزار کاهش فرکانس..... ۹۰
- تصویر ۲-۳۵ تعیین فرکانس ورودی..... ۹۰
- تصویر ۲-۳۶ تعیین فرکانس خروجی..... ۹۱
- تصویر ۲-۳۷ انتخاب ابزار همگام‌سازی زمانی..... ۹۲
- تصویر ۲-۳۸ انتخاب ابزار معکوس کردن داده‌ها..... ۹۳
- تصویر ۲-۳۹ انتخاب ابزار فیلتر پایین گذر..... ۹۴
- تصویر ۲-۴۰ وارد کردن فرکانس نمونه‌گیری..... ۹۵
- تصویر ۲-۴۱ وارد کردن فرکانس قطع..... ۹۵
- تصویر ۲-۴۲ انتخاب ابزار فیلتر بالاگذر..... ۹۶
- تصویر ۲-۴۳ وارد کردن فرکانس نمونه‌گیری..... ۹۶
- تصویر ۲-۴۴ تعیین فرکانس قطع..... ۹۷
- تصویر ۲-۴۵ تأیید نمایش داده فیلتر شده و فیلتر نشده..... ۹۷
- تصویر ۲-۴۶ انتخاب ابزار فیلتر میان‌گذر..... ۹۸
- تصویر ۲-۴۷ وارد کردن فرکانس نمونه‌گیری..... ۹۸
- تصویر ۲-۴۸ تعیین فرکانس قطع پایین..... ۹۹
- تصویر ۲-۴۹ تعیین فرکانس بالا..... ۹۹
- تصویر ۲-۵۰ انتخاب ابزار یک‌سوسازی موج..... ۱۰۰
- تصویر ۲-۵۱ انتخاب ابزار آنالیز باقی‌مانده..... ۱۰۱
- تصویر ۲-۵۲ هشدار تعداد نمونه‌ها..... ۱۰۱
- تصویر ۲-۵۴ وارد کردن فرکانس نمونه‌گیری..... ۱۰۲
- تصویر ۲-۵۴ تعیین ماکزیمم فرکانس برای آنالیز..... ۱۰۲
- تصویر ۲-۵۵ انتخاب فیلتر پایین گذر..... ۱۰۳
- تصویر ۲-۵۶ انتخاب ابزار مشتق‌گیری..... ۱۰۴

### فهرست تصاویر ۱۳

---

- تصویر ۲-۵۷ انتخاب ابزار انتگرال گیری ..... ۱۰۴
- تصویر ۲-۵۸ تعیین فرکانس نمونه گیری ..... ۱۰۵
- تصویر ۲-۵۹ تعیین ثابت انتگرال گیری ..... ۱۰۵