

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) ۸۸۷۳۹۰۹۲ ssr.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 نهاده 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 عالیه 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، سازماندهی متوالی، انتقال اندازه حرکت زاویه ای در طول زنجیره کینتیکی) .....	۲۲
۱-۳-۲-۲- کمینه سازی اینرسی (افزایش شتاب حرکت) .....	۲۲

۲۳	۳-۲-۳-۱-اصل تولید-جذب ضربه.....
۲۳	۳-۲-۴-۱-پیشینه‌سازی مسیر شتاب.....
۲۳	۳-۲-۵-۱-پایداری.....
۲۴	۴-۱-انواع نیروها.....
۲۵	۴-۱-۱-مرکز جرم.....
۲۶	۴-۱-۲-توازن و پایداری.....
۲۸	۵-۱-اندازه‌گیری تنش و کرنش.....
۲۸	۵-۱-۱-اندازه‌گیری کرنش.....
۲۹	۵-۱-۲-اندازه‌گیری تنش.....
۳۰	۶-۱-سیستم اهرم.....
۳۱	۶-۱-۱-اتصال تاندون.....
۳۱	۶-۱-۲-چینش تارهای عضله.....
۳۱	۶-۱-۳-طول عضله.....
۳۱	۶-۱-۴-زاویه مفصل.....
۳۲	۷-۱-حرکت خطی.....
۳۴	۷-۱-۱-قوانین حرکت خطی.....
۳۴	۷-۱-۱-۱-اینرسی و جرم.....
۳۴	۷-۱-۲-اندازه حرکت.....
۳۴	۷-۱-۳-قانون اول یا قانون اینرسی.....
۳۵	۷-۱-۴-قانون دوم یا قانون اندازه حرکت.....
۳۵	۷-۱-۵-قانون سوم یا قانون عمل و عکس‌العمل.....
۳۵	۸-۱-برخورد بین اجسام.....
۳۶	۸-۱-۱-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-ثبت 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-برآزش منحنی
- ۶۱ ..... ۱-۷-۱۳-۱-درون‌یابی
- ۶۲ ..... ۲-۷-۱۳-۱-برآزش 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 پیغام 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	۲-۳-۴- ابزار همزمان سازی نقطه نهایی .....
۹۲	۲-۳-۵- ابزار معکوس کردن داده ها .....
۹۳	۲-۴- الکترومیوگرافی .....
۹۳	۲-۴-۱- ابزار فیلتر پایین گذر باترورث .....
۹۵	۲-۴-۲- ابزار فیلتر بالاگذر بحرانی میرا .....
۹۷	۲-۴-۳- ابزار فیلتر میان گذر .....
۹۹	۲-۴-۴- ابزار یک سو سازی موج .....
۱۰۰	۲-۵- کینتیک، کینماتیک .....
۱۰۰	۲-۵-۱- ابزار تحلیل باقی مانده .....
۱۰۲	۲-۵-۲- ابزار فیلتر پایین گذر باترورث .....
۱۰۳	۲-۵-۳- ابزار مشتق گیری .....
۱۰۴	۲-۵-۴- ابزار انتگرال گیری .....
۱۰۶	۲-۶- 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 باقی مانده (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 سربگ 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 نرمال سازی زمانی
۸۸	تصویر ۳۲-۲ تعداد نمونه‌ها
۸۹	تصویر ۳۳-۲ مثال نرمال سازی 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

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