

## طرح های آماری در علوم زیستی

دکتر فائزه فاضلی (عضو هیات علمی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی)

مهندس علیرضا رهی

سر شناسه : فاضلی، فائزه، ۱۳۴۱ .  
 عنوان و نام پدید آور : طرح‌های آماری در علوم زیستی / فائزه فاضلی، علیرضا رهی.  
 مشخصات نشر : تهران : دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، ۱۳۸۹.  
 مشخصات ظاهری : ح، ۲۱۵ ص: جدول، نمودار.  
 شابک : ۹۷۸-۹۶۴-۲۶۵۱-۷۵-۷  
 وضعیت فهرست نویسی : فیبا  
 موضوع : علوم زیستی - روش‌های آماری  
 شناسه افزوده : رهی، علیرضا، ۱۳۵۲  
 شناسه افزوده : دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی  
 رده بندی کنگره : ۱۳۸۹ ط ۴ / ۵ / HQ۲۲۳  
 رده بندی دیویی : ۵۷۰ / ۱۵۱۹۵  
 شماره کتابشناسی ملی : ۲۱۹۷۲۷۲



دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی

عنوان : طرح‌های آماری در علوم زیستی  
 تالیف : فائزه فاضلی  
 نوبت چاپ : ۱۳۹۰  
 انتشارات : دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی  
 لیتوگرافی : رضا  
 چاپ : ناطقی  
 طرح جلد : دلریا جعفری  
 ویراستار علمی : علیرضا ذاکری  
 ویراستار ادبی : رسول چهرقانی  
 ناظر فنی : غلامرضا کارگر بان مروستی  
 شمارگان : ۱۰۰۰ جلد  
 قیمت : ۳۵۰۰ تومان  
 شابک : ۹۷۸-۹۶۴-۲۶۵۱-۷۵-۷

ISBN: 978-964-2651-75-7

کلیه حقوق این اثر برای مولف و دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی محفوظ است.

نشانی: تهران، لویزان - کد پستی ۱۶۷۸۸ - صندوق پستی ۱۶۳ - ۱۶۷۸۵ - تلفن: ۹ - ۲۲۹۷۰۰۶۰

نمابر: ۲۲۹۷۰۰۷۰ پست الکترونیک [sru@srttu.edu](mailto:sru@srttu.edu)

## بسمه تعالی

### پیش گفتار

پژوهش علمی نیازمند طراحی دقیق و صحیح و استفاده از الگوهای مناسب آزمایشی است. پر واضح است که پس از اجرای هر کار علمی، بررسی نتایج و استنباط از آنها اوج و فراز کار می باشد. کتاب حاضر الگوها، موارد استفاده و چگونگی تجزیه و تحلیل آماری داده های حاصل از کارهای پژوهشی در زمینه علوم زیستی را همراه با مثال های مرتبط ارائه داده است.

لزوم دسترسی به کتابی در زمینه طرح های آماری در رشته های علوم زیستی که ضمن آموزش فشرده مخاطبان بتواند به هنگام انجام کارهای پژوهشی، پژوهشگران و دانشجویان را با وجود مثال های کاربردی به گونه ای که حتی بدون دسترسی به استاد و کلاس به آنها یاری رساند، ما را به آماده کردن کتاب حاضر ترغیب کرد.

موضوعات مطرح شده در این کتاب شامل برخی تعاریف کلیدی در آمار و طرح های آماری، انواع طرح های آماری به همراه فرمول ها، توضیحاتی از موارد کاربرد آنها با ذکر مثال های عملی در شاخه های علوم زیستی است که می تواند به درک بهتر موضوع کمک کند. بدیهی است که این کتاب نمی تواند کامل و خالی از نقص باشد، از این رو نظرات و راهنمایی های اساتید و خوانندگان محترم در رفع نقایص و کامل نمودن آن ما را یاری خواهد کرد.

بر خود لازم می دانیم از شورای انتشارات دانشگاه شهید رجایی به خصوص معاونت محترم پژوهشی آن دانشگاه که موجبات چاپ این کتاب را فراهم نمودند، کمال تشکر را بنماییم.

فائزه فاضلی      علیرضا رهی

خرداد ۸۹

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: مروری بر آمارمقدماتی
۳	۱-۱- تعاریف
۴	۲-۱- هدف از بررسی های آماری
۴	۳-۱- روش های استدلال در منطق
۴	۴-۱- قضاوت های عینی و ذهنی
۵	۵-۱- روش تحقیق علمی
۵	۶-۱- روش تحقیق
۵	۷-۱- هدف های اصلی و مشخص در بررسی های آماری
۵	۸-۱- مراحل تحقیق پژوهشی
۶	۹-۱- شاخص های آماری
۶	۱۰-۱- جامعه نمونه برآورد
۶	۱۱-۱- مقیاس های اندازه گیری
۷	۱۲-۱- انواع داده ها
۷	۱۳-۱- توزیع فراوانی
۱۰	۱۴-۱- شاخص های تمایل به مرکز
۱۴	۱۵-۱- شاخص های پراکندگی
۲۰	۱۶-۱- قوانین شمارش و احتمالات
۲۱	۱۷-۱- احتمالات
۲۳	۱۸-۱- توزیع های احتمالی
۲۵	۱۹-۱- برآورد نقطه ای میانگین و توزیع پارامتر های جامعه
۲۵	۲۰-۱- قضاوت های آماری
۲۶	۲۱-۱- حالت های مقایسه میانگین دو جامعه

۳۳	فصل دوم: کلیات و تعاریف در طرح های آماری
۳۵	۱-۲- تعاریف
۳۵	۱-۱-۲- علم
۳۵	۲-۱-۲- آزمایش
۳۵	۳-۱-۲- طرح آزمایش
۳۶	۴-۱-۲- تیمار
۳۶	۵-۱-۲- ماده آزمایشی
۳۶	۶-۱-۲- واحد های آزمایشی
۳۷	۷-۱-۲- ردیف (تکرار یا بلوک)
۳۷	۲-۲- انواع تغییراتی که یک آزمایش را تحت تأثیر قرار می دهند
۳۷	۱-۲-۲- تغییرات قابل کنترل یا سیستماتیک
۳۷	۲-۲-۲- تغییرات غیر قابل کنترل و تصادفی
۳۸	۳-۲- کنترل موضعی
۳۸	۴-۲- مهم ترین تدبیرهای اجرایی در طرح های آزمایشی
۳۸	۱-۴-۲- شرایط و موقعیت محل مطالعه
۳۹	۲-۴-۲- مساحت و ابعاد پلات ها
۳۹	۳-۴-۲- اشتباه آزمایشی
۴۰	۵-۲- چند اصل کلی در طرح های آزمایشی
۴۰	۱-۵-۲- تکرار
۴۱	۲-۵-۲- تصادفی کردن
۴۱	۳-۵-۲- اثر حاشیه
۴۱	۴-۵-۲- طرز نمونه گیری
۴۲	۵-۵-۲- عملیات اجرایی
۴۲	۶-۲- طرح های پایه
۴۲	۱-۶-۲- انواع طرح ها
۴۳	فصل سوم: طرح های کاملاً تصادفی

۴۵	۱-۳-۱- مقدمه
۴۵	۲-۳-۱- اجرای آزمایش
۴۵	۳-۲-۱- قرعه کشی
۴۶	۳-۳-۱- مدل ریاضی در طرح کاملاً تصادفی
۴۷	۳-۴-۱- تجزیه واریانس طرح کاملاً تصادفی
۵۴	۳-۵-۱- مقایسه میانگین تیمارها
۵۴	۳-۵-۱-۱- آزمون حداقل اختلاف معنی دار LSD
۵۸	۳-۵-۲- آزمون مقایسه میانگین به روش دانکن
۶۰	۳-۵-۳- آزمون مقایسه میانگین به روش توکی
۶۲	۳-۵-۴- آزمون مقایسه میانگین به روش دانن
۶۳	۳-۵-۵- آزمون مقایسه میانگین به روش استیودنت نیومن کلز
۶۴	۳-۶-۱- مقایسه های اورتوگونال یا مستقل گروهی
۶۵	۳-۶-۱-۱- روش استفاده از مقایسه های گروهی
۶۹	۳-۷-۱- طرح کاملاً تصادفی نامتعادل
۷۲	۳-۷-۱-۱- مقایسه های میانگین طرح کاملاً تصادفی نامتعادل
۷۷	فصل چهارم: طرح بلوک های کامل تصادفی
۷۹	۴-۱-۱- مقدمه
۷۹	۴-۲-۱- مدل ریاضی
۷۹	۴-۳-۱- انتصاب تیمارها در هر واحد آزمایشی
۸۳	۴-۴-۱- مقایسه میانگین تیمارها
۸۳	۴-۴-۱-۱- آزمون حداقل اختلاف معنی دار LSD
۸۴	۴-۴-۲- آزمون مقایسه میانگین به روش دانکن
۸۵	۴-۴-۳- آزمون مقایسه میانگین به روش توکی
۸۷	۴-۵-۱- محاسبه یک واحد یا کرت گمشده در طرح بلوک های کامل تصادفی
۹۳	۴-۶-۱- محاسبه دو واحد گمشده در طرح بلوک های کامل تصادفی
۹۷	۴-۶-۱-۱- مقایسه میانگین تیمارها در طرح بلوک کامل تصادفی در آزمایشاتی که

۹۷	۷-۴- محاسبه چند واحد آزمایشی از بین رفته در طرح بلوک های کامل تصادفی
۹۸	۸-۴- سودبندی طرح بلوک های کامل تصادفی
۹۹	فصل پنجم: طرح های مربع لاتین
۱۰۱	۱-۵- مقدمه
۱۰۱	۲-۵- مدل ریاضی
۱۰۳	۳-۵- تصادفی کردن
۱۰۹	۴-۵- واحد آزمایشی گمشده در طرح مربع لاتین
۱۰۹	۱-۴-۵- واحد از بین رفته
۱۱۴	۲-۴-۵- دو یا چند واحد از بین رفته
۱۱۷	۵-۵- مقایسه میانگین
۱۲۰	۶-۵- سود بندی طرح مربع لاتین
۱۲۱	۷-۵- طرح مربع لاتین تکراری
۱۲۷	فصل ششم: تجزیه داده ها در بیش از یک بار مشاهده
۱۲۹	۱-۶- مقدمه
۱۳۳	فصل هفتم: آزمایشات فاکتوریل
۱۳۵	۱-۷- مقدمه
۱۳۵	۲-۷- تعاریف
۱۳۵	۱-۲-۷- فاکتور
۱۳۶	۲-۲-۷- سطح
۱۳۶	۳-۲-۷- اثر متقابل
۱۳۶	۴-۲-۷- تیمار
۱۳۷	۳-۷- مدل ریاضی
۱۳۸	۴-۷- بررسی اثرات موجود در آزمایشات فاکتوریل
۱۴۲	۵-۷- فاکتورهای موهومی
۱۴۳	۶-۷- محاسبه اثرات اصلی و متقابل با شیوه فاکتوریل
۱۴۴	۷-۷- اجرای آزمایش فاکتوریل

۱۴۵	۸-۷- انواع آزمایشات فاکتوریل
۱۴۵	۹-۷- مقایسه های میانگین در فاکتوریل
۱۵۵	۱۰-۷- مقایسه های میانگین
۱۶۱	۱۱-۷- تجزیه مجموع مربعات تیمار و مطالعه روند تغییرات (منحنی های پاسخ)
۱۷۰	۱۲-۷- اختلاط در آزمایشات فاکتوریل
۱۷۱	۱۳-۷- اختلاط در آزمایشات $2^n$
۱۷۸	۱۴-۷- اختلاط ناقص
۱۸۱	فصل هشتم: کرت های خرد شده
۱۸۳	۱-۸- مقدمه
۱۸۳	۲-۸- مدل ریاضی
۱۸۷	۳-۸- اجرای نقشه طرح
۱۹۰	۴-۸- مقایسه های میانگین
۱۹۴	۵-۸- طرح های دوبار خرد شده
۱۹۴	۱-۵-۸- مدل ریاضی
۱۹۵	۲-۵-۸- تجزیه واریانس طرح های دو بار خرد شده
۲۰۱	۳-۵-۸- فرمول های مقایسه میانگین برای طرح های دو بار خرد شده
۲۰۴	۴-۵-۸- کرت گمشده در آزمون طرح های خرد شده
۲۰۵	۵-۵-۸- نکات مهم در طرح های خرد شده
۲۰۶	۶-۸- اسپیلیت پلات در زمان
۲۱۰	۷-۸- مقایسه میانگین
۲۱۱	منابع
۲۱۵	جدول های ضمیمه



# فصل اول

## مروری بر آمار مقدماتی

**۱-۱- تعاریف****تعریف علم آمار**

علمی است که به مجموعه ای از فنون و روش های علمی - ریاضی گفته می شود که برای جمع آوری، تنظیم، سازمان دادن، تجزیه، ارائه و تحلیل و تفسیر اطلاعات کمی و کیفی و نتیجه گیری و تعمیم نتایج در جهت هدفی معین بحث می کند و به کار می رود. آمار، ابزار اساسی اندازه گیری، سنجش و ارزشیابی و تحقیق است و فعالیتی گسترده تر از شمارش صرف می باشد.

**آزمون**

روشی است که صفات و ویژگی های موجود جامعه ای را به طور غیرمستقیم می آزماید.

**متغیر**

که به آن داده یا مشاهده نیز می گویند. صفت یا پدیده در حال مطالعه که از موردی به مورد دیگر متفاوت است. اگر فقط یک متغیر مطالعه شود، به آن تک متغیره و اگر دو یا چند متغیر مطالعه شود، چند متغیره گویند. تنوع صفات نیز متغیر هستند.

**انواع متغیر**

الف: متغیر کمی (پیوسته)

ب: متغیر کیفی (گسسته)

متغیر کمی، متغیر پیوسته است و شامل مجموعه مرکبی از مقادیر در داخل دامنه ای از مقادیر است. مثلاً قد افراد: ۱/۸۷، ۱/۸۶، ۱/۸۵ به طور پیوسته ادامه دارد. متغیر کیفی (گسسته) ناپیوسته و منفصل می باشد، به خصوصیات کیفی افراد بستگی دارد و افراد را در دسته و طبقات مجزا قرار داد. همانند خصوصیت میزان علاقه افراد به محل کار. در این حالت افراد در دسته های عالی، خوب، متوسط و بد تقسیم می شوند.

### تحقیق

در لغت به معنی گشتن و جستجو کردن است و به فعالیت ها و تلاش هایی اطلاق می شود که هدفشان کشف و به دست آوردن آگاهی از وقایع می باشند. این تلاش ها دارای یک نظام و سازمان در زمینه فکری و عملی هستند.

#### ۲-۱- هدف از بررسی های آماری

هدف این است که شرایطی ایجاد گردد تا با استفاده از تجزیه و تحلیل مشاهدات مشخص شود که آیا مسائل مورد بررسی از قانون علیت تبعیت می نمایند یا خیر؟ پاسخ به این سؤال و رسیدن به هدف مذکور، نوعی مبانی عینی را در بر خواهد داشت.

#### ۳-۱- روش های استدلال در منطق

دو نوع استدلال وجود دارد.

الف: استدلال استقرایی: تعمیم نتایج از جزء به کل می باشد. به عبارت دیگر هر نتیجه ای که در نمونه بدست آید، به کل جامعه نسبت داده می شود و گاهی ممکن است نتیجه به صورت احتمالی باشد؛ لذا امکان استفاده از این نتیجه و تعمیم دادن آن وقتی ممکن است که درستی نتیجه دارای اعتبار زیادی باشد.

ب: استدلال قیاسی: در این استدلال از کل به جزء حکم می شود.

تئوری علم آمار، قیاسی است و روش های مختلف را برای استدلال استقرایی فراهم می سازد.

#### ۴-۱- قضاوت های عینی و ذهنی

استدلال عینی: نتایج و تفسیر تحقیقات باید عینی باشد. به عبارت دیگر در بررسی ها، آزمایش و تجربه به کار گرفته شده باشد و از حدس، گمان، پیش داوری و افکار شخصی دوری شده باشد. این نوع استدلال بسیار معتبر است.

استدلال ذهنی: نتایج آزمایش ها بر اساس افکار شخصی، سلیقه و امثال این ها و بدون توجه به موازین علمی اعم از آزمایش و تحقیق باشد. این نوع استدلال ذهنی است.

**۱-۵- روش تحقیق علمی**

یکی از مجموع روش های پژوهشی است که برای پیدا کردن رابطه علت و معلولی بین دو یا چند متغیر انجام می شود. آزمون و اثبات از اصول این روش است. چون تحقیق آزمایشی برای کشف روابط علت و معلولی به کار می رود، برای این که این رابطه بررسی و استنتاج شود، اطلاعات باید به گونه ای گردآوری شود که بتوان چنین استنتاجی را به دست آورد برای این منظور از طرح های پژوهشی استفاده می شود.

**۱-۶- روش تحقیق**

از نظر هدف به چهار بخش تقسیم می شود. تحقیق بنیادی، تحقیق کاربردی، تحقیق و توسعه و اقدام پژوهی که هر کدام بر اساس قواعدی برای انجام تحقیق در آن علم اداره می شوند.

**۱-۷- هدف های اصلی و مشخص در بررسی های آماری**

الف) آمار توصیفی: مشخص کردن شاخص های آماری چون شاخص های مرکزی و شاخص های پراکندگی است.

ب) آمار استنباطی: استنباط از داده ها و شاخص ها (برآورد پارامتر جامعه) است، به طوری که نتایج به دست آمده را به کل جامعه تعمیم دهیم.

**۱-۸- مراحل تحقیق پژوهشی**

۱- مشخص شدن عنوان تحقیق

۲- تعیین هدف تحقیق

۳- ایجاد فرض یا سؤال

۴- بررسی منابع

- ۵- مواد و روش ها
- ۶- جمع آوری اطلاعات و شواهد
- ۷- تجزیه داده ها
- ۸- استدلال نتایج به روش استقرایی
- ۹- تفسیر نتایج آن هم به صورت یک رابطه یا قانون علمی
- ۱۰- پیشنهاد

### ۹-۱- شاخص های آماری

برای نشان دادن نتیجه یک تحقیق آماری از معیارهایی همانند میانگین، درصد و غیره استفاده می شود. این معیارها همان شاخص های آماری می باشند. به شاخص های آماری در جامعه پارامتر گفته می شود. به شاخص های آماری در نمونه، آماره گفته می شود.

### ۱۰-۱- جامعه، نمونه و برآورد

جامعه به تعدادی افراد که حداکثر دارای یک خصوصیت مشخص و مشترک باشند، گفته می شود. نمونه بخشی از جامعه ای است، که معرف آن می باشد. چون مطالعه کل جوامع امکان ندارد، تعیین خصوصیات آن جامعه از راه برآوردهای مبتنی بر نمونه ها صورت می گیرد.

### ۱۱-۱- مقیاس های اندازه گیری

- ۱- مقیاس اسمی: فقط کیفیت برخورداری از یک نوع ویژگی خاص مشخص می شود؛ مثل همدانی؛
- ۲- مقیاس ترتیبی یا رتبه ای: علاوه بر کیفیت متغیرها بلکه برتری، کمتری، مقدار و درجه صفت بررسی را نشان می دهد؛ مثل کم (۱)، متوسط (۲) و زیاد (۳)؛
- ۳- مقیاس فاصله ای: علاوه بر طبقه بندی افراد از نظر صفت مورد بررسی و تعیین رتبه هر یک، تفاوت هر فرد از فرد دیگر را نیز تعیین می کند. مثلاً اگر اولین استاد در دو ساعت و دومی در ۳ ساعت و سومی در ۵ ساعت کار یک نوع تحقیق را انجام می دهند، می توانیم علاوه بر تعیین رتبه هر یک، فاصله زمانی انجام دادن کار بین آنها را نیز مشخص نماییم؛

۴- مقیاس نسبی: همه خصایص سه مقیاس بالا را دارد و تمام اعمال ریاضی را می توان برای آن انجام داد. مثلا اگر قد دانش آموزان یک کلاس را با توجه به اندازه ی واقعی قد آنها، نه در رابطه با قد کوتاهترین فرد یا فرد متوسط تعیین کنیم مقیاس حاصل یک مقیاس نسبتی است که مهمترین ویژگی آن همان مقیاس اعداد از صفر تا بی نهایت است.

### ۱-۱۲- انواع داده ها

۱- پارامتری: داده های اندازه گیری شده (کمی)؛

۲- غیرپارامتری: قابل شمارش هستند و رتبه بندی می شوند، آزمون های مستقل از توزیع شناخته می شوند.

### ۱-۱۳- توزیع فراوانی

هنگامی که داده هایی در مورد خصوصیتی از جامعه گردآوری می شود، در ابتدا این داده ها هیچ نوع پیام و توضیحی ندارند؛ برای این که داده ها سازمان دهی شوند و بتوان از آنها در تجزیه و تحلیل و نتیجه گیری استفاده کرد، یکی از روش های مهم استفاده از توزیع فراوانی است. این روش علاوه بر گروه بندی داده ها، وضعیت توزیع صفت مورد بررسی را در قالب جدول و نمودار مشخص می نماید. برای روشن شدن موضوع به مثال زیر توجه شود.

مثال: محقق وزن خشک قسمت هوایی چندین گیاه بابونه<sup>۱</sup> را اندازه گیری نمود. با

استفاده از توزیع فراوانی، داده ها را به صورت کمیت های آماری نشان دهید.

۱۹-۲۱-۱۸-۲۰-۱۹-۱۵-۱۹-۱۷-۱۸-۲۰-۱۹-۲۲-۱۶-۲۱-۱۸-۱۷-۲۰-۱۹

وزن ها به گرم است. تعداد گیاهان اندازه گیری شده برابر ۲۰ است.

برای طبقه بندی و گروه بندی لازم است مراحل زیر انجام شود:

- ۱- تعیین تعداد طبقه
- ۲- تعیین دامنه
- ۳- فاصله طبقات

تعیین طبقه دو روش دارد:

$$k = 1 + \frac{3}{32} \log N$$

الف) ۱-۱

$N$  تعداد مشاهدات است.

طبقه ۵  $\cong 5/31 = 1/3 \times (1/3) = 1/9 \Rightarrow k = 1 + 3/32 \log 20$  فرمول استورکس  
 ب) روش دوم، استفاده از توان است، در این روش  $N$  تعداد مشاهدات بین دو مقدار  $2^y$  و  $2^x$  می باشد.  $x$  و  $y$  تعداد طبقات را نشان می دهند.

$$\begin{array}{ccc} 2^4 & N & 2^5 \\ 16 & N=20 & 32 \end{array}$$

در این مثال تعداد کل مشاهدات  $N=20$  می باشد. اگر دو را جداگانه به توان هایی برسانیم که ۲۰ بین آن قرار گیرد توان های مذکور حدود تعداد طبقات ( $K$ ) را نشان می دهد که در این مثال تعداد طبقات ۴ یا ۵ است.

#### تعیین دامنه:

دامنه از تفاوت بزرگ ترین مشاهده منهای کوچکترین مقدار کمیت مشاهده شده به دست

می آید.

$$R = \max d_i - \min d_i \quad 2-1$$

$$R = 22 - 15 = 7$$

فاصله طبقات ( $C$ ): تفاوت حد وسط دو طبقه متوالی را فاصله طبقات می گویند.

$$c = \frac{R}{K} \quad 3-1$$

$$c = \frac{R+1}{K} \quad 4-1 \text{ (رابطه دقیق تر)}$$

برای شروع طبقه بندی می توان با کوچک ترین داده شروع کرد یا کوچک ترین داده را طوری در نظر گرفت که در حد وسط طبقه قرار گیرد. بهتر است حدود بالا و پایین طبقه را طوری در نظر بگیریم که هیچ داده ای در دو طبقه قرار نگیرد.

در این مثال، کوچک ترین داده ۱۵ است. چون داده ها کمی هستند، لازم است آنها را پیوسته نماییم. حد بالا و پایین دو طبقه مجاور نیز باید طوری انتخاب گردند که اعداد پیوسته باشند (جدول ۱-۱).

برای محاسبه میانگین طبقات ( $\bar{X}_C$ )، کوچکترین داده هر طبقه را با بزرگ ترین داده جمع کرده و بر دو تقسیم می نماییم.

$$\bar{X}_C = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{2} \quad 5-1$$

$$\bar{X}_{C1} = \frac{15+16}{2} = 15.5$$

فراوانی مطلق ( $F_i$ ) در داده های اصلی، تعداد داده هایی را که در محدوده حد پایین و بالای هر طبقه قرار دارند، نشان می دهد. در طبقه اول اعداد ۱۵ و ۱۶ از مشاهدات اصلی در این طبقه قرار می گیرند.

فراوانی نسبی ( $P_i$ ) از تقسیم فراوانی مطلق هر طبقه بر کل مشاهدات به دست می آید.

$$P_i = \frac{F_i}{N} \quad 6-1$$

$$P_1 = \frac{2}{20} = 0.1$$

درصد فراوانی نسبی ( $\rho_i$ ): یکی از شاخص های مهم در آمار است که مبنای سنجش را ۱۰۰ قرار می دهد.

$$\rho_i = \frac{F_i}{N} \times 100 \quad 7-1$$

$$\rho_i = \frac{2}{20} \times 100 = 10\% \quad \text{طبقه اول}$$

فراوانی تراکمی ( $F_c$ ): برای محاسبه فراوانی تجمعی یا تراکمی هر طبقه باید فراوانی مطلق طبقه های ماقبل و یا ما بعد طبقه مورد نظر را با هم جمع نمود. اگر فراوانی تجمعی صعودی باشد از اولین طبقه فراوانی های مطلق طبقات با یکدیگر جمع شده و به سمت آخرین طبقه این کار ادامه می یابد. در صورتی که فراوانی تجمعی نزولی باشد، از آخرین طبقه به



طرف اولین طبقه، فراوانی های مطلق با یکدیگر جمع می شوند. فراوانی تراکمی نسبی ( $f_c$ ) از تقسیم فراوانی تراکمی هر طبقه بر کل مشاهدات به دست می آید.

جدول ۱-۱: جدول توزیع فراوانی وزن خشک قسمت هوایی گیاهان بابونه

طبقه	میانگین طبقات $\bar{X}_c$	فراوانی مطلق $F_i$	فراوانی نسبی $P_i$	درصد فراوانی نسبی $\rho_i$	فراوانی تراکمی صعودی $F_c$	فراوانی تراکمی نزولی $F_c$	فراوانی تراکمی صعودی نسبی $f_c$	فراوانی تراکمی صعودی درصدی $f_c$
۱۵-۱۶	۱۵/۵	۲	۰/۱	%۱۰	۲	۲	۰/۱	%۱۰
۱۷-۱۸	۱۷/۵	۶	۰/۳	%۳۰	۸	۱۸	۰/۴	%۴۰
۱۹-۲۰	۱۹/۵	۹	۰/۴۵	%۴۵	۱۷	۱۲	۰/۸۵	%۸۵
۲۱-۲۲	۲۱/۵	۳	۰/۱۵	%۱۵	۲۰	۳	۱	%۱۰۰
$\sum F_i = N = ۱$ $\sum P_i = ۱$ $\sum \rho_i = \%۱۰۰$								

طبقه آخر فراوانی صعودی و نزولی برابر با تعداد مشاهدات است.

#### ۱۴-۱- شاخص های تمایل به مرکز

میانگین حسابی، میانگین هندسی، میانگین همساز، میانگین موزون شده، میانگین متحرک، میانگین درجه دو، مد و میانه، شاخص هایی هستند که تمایل به مرکز را نشان می دهند.

باید توجه داشت هر کدام از شاخص های بالا در مواردی در جدول توزیع فراوانی و در مواردی در سری داده ها کاربرد دارد. ابتدا جدول توزیع فراوانی بررسی می گردد.