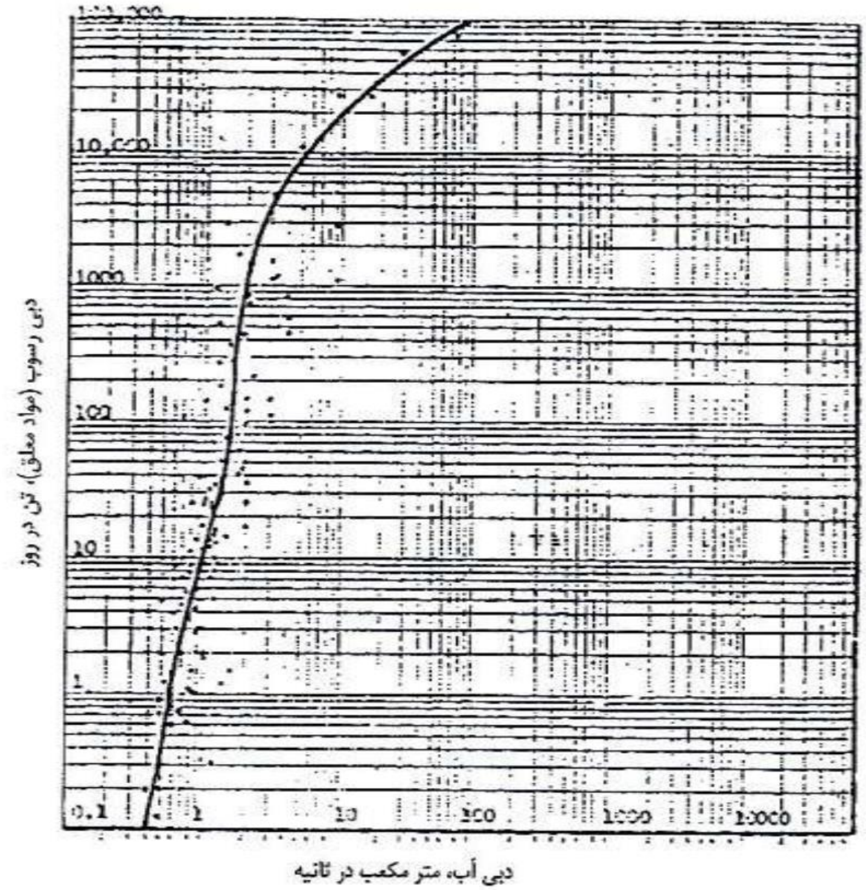
## ● مثال ۱۹-۹

با توجه به نمونه‌های رسوب در ایستگاه رسوب‌سنجی یک حوضه می‌خواهیم مقدار رسوباتی که سالانه وارد مخزن سدی که روی رودخانه این حوضه ساخته شده است محاسبه کنیم. براساس نمونه گیریهای انجام شده که در آن دبی آب و دبی رسوب محاسبه شده است رابطه بین دبی رسوب (مواد معلق) و دبی آب مطابق شکل ۱۹-۸ در یک دستگاه محورهای مختصات لگاریتمی رسم شده است. همچنین منحنی تداوم جریان نیز که در آن تغییرات دبی رودخانه‌ای به ازای احتمالات مختلف رسم شده است، به صورت شکل ۱۹-۹ در اختیار است. این منحنی دبی رودخانه را به ازای احتمالات تجمعی نشان می‌دهد، با فرض این که وزن مخصوص مواد معلق ۱/۳۵ گرم در سانتی‌متر مکعب باشد می‌خواهیم حجم مواد معلق سالانه این رودخانه را بدانیم؟ اگر بار بستر این رودخانه ۳۰ درصد بار معلق در نظر گرفته شود و وزن مخصوص مواد بستر ۲/۶۵ گرم در سانتی‌متر مکعب باشد حجم کل رسوبات سالانه چقدر است؟ چنانچه سطح حوضه ۵۴۰ کیلومتر مربع باشد دبی ویژهٔ دراز مدت مواد معلق، دبی ویژهٔ بار بستر و دبی ویژهٔ کل مواد جامد این حوضه چقدر است؟

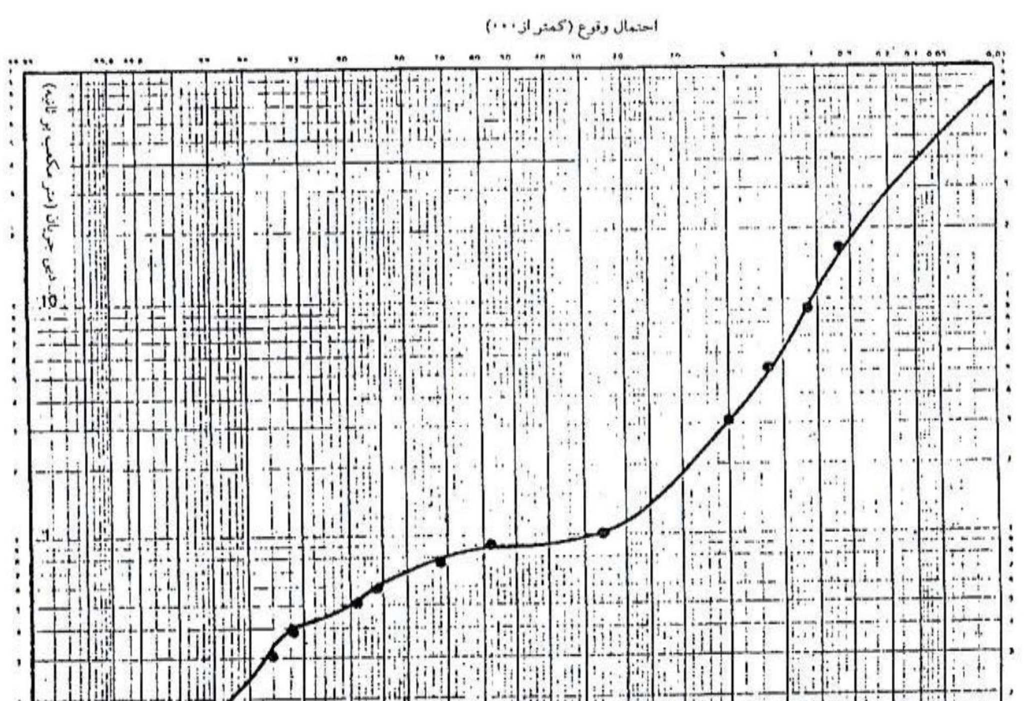
### حل

برای محاسبهٔ دبی ویژهٔ درازمدت جدول ۱۹-۴ را تشکیل می‌دهیم در ستون اول این جدول حدود دسته‌های احتمال (به درصد) نوشته شده است. حدود این دسته‌ها اختیاری است اما سعی می‌شود حدود دسته‌ها در احتمالات بالا کم گرفته شود تا محاسبات دقیقتر باشد. ستون

دوم جدول فواصل دسته‌های احتمالاتی را نشان می‌دهد. مثلاً در مورد اول که احتمال ۰/۰۱ تا ۴۰ درصد را نشان می‌دهد فاصلهٔ دسته ۳۹/۹۹ درصد یا ۰/۳۹۹۹ است و در ردیف دوم فاصلهٔ دسته ۱۰ = ۴۰-۵۰ درصد یا ۰/۱ است. در ستون سوم حد وسط فواصل احتمال به درصد نوشته شده است ( $\frac{\text{حدبالا} + \text{حدپایین}}{۲}$ ). مقادیر دبی جریان آب از روی شکل ۱۹-۹ و به ازای احتمال وقوع مربوط به حد وسط دسته‌ها (ستون ۳) استخراج و در ستون ۴ نوشته شده است. ارقام ستون ۵ از حاصلضرب ستون ۲ و ۴ به دست آمده است که در واقع جزء دبی روزانه را در احتمالات مختلف نشان می‌دهد. حاصل جمع این ستون (۱/۰۷ مترمکعب در ثانیه) دبی عادی روزانهٔ رودخانه می‌باشد. میزان رسوب به ازای دبی‌های مختلف آب (ستون ۴) از شکل ۱۹-۸ (رابطهٔ بین دبی آب و دبی رسوب) استخراج و در ستون ۶ نوشته شده است. ستون ۷ دبی روزانهٔ رسوب را که از حاصلضرب ارقام ستون ۲ و ۶ به دست آمده است نشان می‌دهد. جمع ارقام این ستون مواد معلق روزانه را برحسب تن نشان می‌دهد.




شکل ۱۹-۸    رابطه بین دبی رسوب و دبی جریان آب




شکل ۱۹-۹    منحنی تداوم جریان آب برای محاسبه بار رسوب

### جدول ۱۹-۴ برآورد بار رسوبی درازمدت

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | با استفاده از منحنی احتمال دبی آب | | با استفاده از منحنی دبی‌آب دبی رسوب | |
| حدود دسته‌ها (درصد) | فواصل دسته‌ها | حدوسط دسته‌های احتمال(درصد) | دبی با احتمال وقوع حد وسط دسته‌ها(متر) مکعب در ثانیه | دبی روزانه (۴×۲) مترمکعب در ثانیه | دبی رسوب به ازاء دبی ستون ۴(تن در روز) | رسوب روزانه و سالانه به تن ۲×۶ |
| 0.01-40 | 0.3999 | 20 | 0.5 | 0.19 | 0.8 | 0.31 |
| 40-50 | 0.1 | 45 | 0.7 | 0.07 | 2 | 0.2 |
| 50-60 | 0.1 | 55 | 0.80 | 0.08 | 4 | 0.4 |
| 60-70 | 0.1 | 65 | 0.90 | 0.09 | 7 | 0.7 |
| 70-80 | 0.1 | 75 | 1.0 | 0.01 | 10 | 1 |
| 80-90 | 0.1 | 85 | 1.3 | 0.13 | 21 | 2.1 |
| 90-95 | 0.05 | 92.5 | 2.4 | 0.12 | 2000 | 100 |
| 95-98 | 0.03 | 96.5 | 4.0 | 0.12 | 6500 | 195 |
| 98-99 | 0.01 | 98.5 | 8.0 | 0.08 | 18000 | 180 |
| 99-99.8 | 0.008 | 99.4 | 15 | 0.12 | 25000 | 200 |
| 99.8-99.9 | 0.001 | 99.85 | 30 | 0.03 | 50000 | 50 |
| 99.9-99.99 | 0.0009 | 99.945 | 43 | 0.03 | 60000 | 54 |
| جمع روزانه | | | | 1.07 | | 784 |

بطوری که از جدول ۱۹-۴ نتیجه‌گیری می‌شود دبی روزانهٔ این رودخانه بطور عادی ۱/۰۷ مترمکعب در ثانیه و مقدار رسوبات معلق روزانه ۷۸۴ تن می‌باشد. حال به محاسبات دیگر می‌پردازیم.

**حجم متوسط درازمدت سالانهٔ آب** = ۱/۰۷×۳۶۵×۸۶۴۰۰×۱۰<sup></sup>

میلیون مترمکعب ۳۳/۷ = $^{-6}$

**وزن متوسط درازمدت مواد معلق** = ۷۸۴×۳۶۵ = ۲۸۶۱۶۰ تن در سال

**مقدار مواد معلق حاصله از هر کیلومترمربع از حوضه** = ۲۸۶۱۶۰ ÷ ۵۴۰ = ۵۳۰ تن در سال در کیلومترمربع

**مقدار متوسط درازمدت مواد بستر** = ۲۸۶۱۶۰ × ۰/۳ = ۸۵۸۴۸ تن در سال

**دبی ویژهٔ درازمدت مواد بستر در هر کیلومترمربع از حوضه** = ۸۵۸۴۸ ÷ ۵۴۰ = ۱۵۹ تن در سال در کیلومترمربع

**دبی ویژهٔ درازمدت کل مواد رسوبی** = (۵۳۰ + ۱۵۹ = ۶۸۹) تن در سال در کیلومترمربع

**حجم کل مواد رسوبی معلق در سال** $= \frac{۲۸۶۱۶۰}{۱/۳۵} =$ ۲۱۱۹۷۰ مترمکعب

**حجم کل مواد رسوبی بستر در سال** $= \frac{۸۵۸۴۸}{۲/۶۵} =$ ۳۲۳۹۵ مترمکعب

**حجم کل مواد رسوبی** = ۲۱۱۹۷۰ + ۳۲۳۹۵ = ۲۴۴۳۶۵ مترمکعب

ملاحظه می‌شود که اگر روی این رودخانه سد احداث گردد هر سال ۲۴۴۳۶۵ مترمکعب رسوب وارد مخزن این سد خواهد شد و اگر بخواهیم این سد مدت ۵۰ سال عمر داشته باشد لازم است ۱۲/۲۲ = (۵۰ × ۲۴۴۳۶۵) میلیون مترمکعب حجم مرده برای آن در نظر گرفته شود.

● مثال ۱۷-۸

بر اساس داده‌های موجود از یک محل احتمال این که در روزهای ماه خرداد بارندگی وجود داشته باشد ۲۰ درصد است. قرار است در این محل یک کار ساختمانی انجام شود که لازم است در طول ۵ روز هیچ گونه بارانی وجود نداشته باشد. احتمال این که در طی ۵ روز پیاپی در ماه خرداد باران وجود نداشته باشد چقدر است؟ احتمال این که در طی ۵ روز فقط یک روز بارندگی وجود داشته باشد چقدر خواهد بود؟

**حل:**

**الف - برای آن که در طی ۵ روز هیچ روز بارانی وجود نداشته باشد**

$n = 5$

$p = 0.2$

$q = 1 - P = 1 - 0.2 = 0.8$

$x = 0$

$P\ (x = 0) = ?$

$P_{(x=0)} = \{\frac{n!}{[x!\ (n-x)!]}\}\ P^x\ q^{n-x}$

$P_{(x=0)} = \{\frac{5!}{[0!\ (5-0)!]}\}\ (0.2)^0\ (0.8)^{5-0}$

$P_{(x=0)} = 0.328$

بنابراین با ۳۲/۸ درصد در ماه خرداد در ۵ روز پیاپی هیچ گونه بارندگی روزانه وجود نخواهد داشت.

**ب - برای آن که در طول ۵ روز فقط یک روزبارندگی داشته باشیم**

$n = 5$

$P = 0.2$

$q = 0.8$

$x = 1$

$P_{(x=1)} = ?$

$P_{(x=1)} = \{\frac{5!}{[1!\ (5-1)!]}\}\ (0.2)^1\ (0.8)^{5-1}$

$P_{(x=1)} = 0.41$

لذا احتمال این که در طی ۵ روز یک روز آن بارانی باشد ۴۱ درصد است.

● **مثال ۱۷-۱۰**

در یک منطقه آمار ۸۰ سال بارندگی وجود دارد. بررسی این داده‌ها نشان می‌دهد که احتمال این که مقدار حداکثر بارش ۲۴ ساعته از ۳۰ میلی‌متر تجاوز کند ۰/۰۲ است (۲ درصد). حساب کنید در طی ۱۰ سال آینده احتمال این که ۳ بارش ۲۴ ساعته وجود داشته باشد که مقدار هر یک از آن‌ها از ۳۰ میلی‌متر تجاوز کند چقدر است؟

**حل:**

$P = 0.02$

$n = 10$

$x = 3$

$\lambda = P.n = (0.02)\ (10) = 0.2$

$$P_{(x=3)} = \frac{\lambda^{x}\ .\ e^{-\lambda}}{x!} = \frac{(0.2)^{3}\ (e)^{-0.2}}{3!} = 0.0011$$

بنابراین فقط ۰/۱۱ درصد احتمال خواهد داشت که در طول ۱۰ سال آینده ۳ بارش ۲۴ ساعته بالاتر از ۳۰ میلی‌متر داشته باشیم.

## ● مثال ۱۷-۱۲

داده‌های جدول ۱۷-۱۳ از بارندگی یک حوضه در اختیار است اولاً با چه احتمالی مقدار بارندگی ۴۵ سانتی متر یا بیشتر خواهد بود ثانیاً برازش دو توزیع نرمال و گاما را مقایسه کنید.

**حل**

الف - داده‌ها را به ترتیب نزولی ردیف می‌کنیم. (ستون دوم جدول ۱۷-۱۳)

ب - به هر کدام شماره ردیف (m) داده شود (ستون سوم جدول ۱۷-۱۳)

ج - از روی فرمول تجربی ویبول (فرمول ۱۷-۳۲) احتمال تجربی وقوع را بدست می‌آوریم (ستون ۴ جدول ۱۷-۱۳)

د - نقاط ستون‌های ۲ و ۴ را نسبت به روی یک کاغذ احتمال نرمال مشخص می‌کنیم.

ه - چون نقاط در امتداد یک خط مستقیم قرار می‌گیرند از بین آنها خط مذکور را می‌گذرانیم.

و - به لحاظ ظاهر داده‌ها از توزیع نرمال تبعیت می‌کنند.

ز - برای ۴۵ سانتی‌متر بارندگی احتمال وقوع ۲۸٪ یا دوره برگشت ۳/۶ سال می‌باشد.

برای مقایسه درجه برازش دو توزیع نرمال و گاما جدول ۱۷-۱۴ را تشکیل می‌دهیم. ستون‌های این جدول به شرح زیر است:

الف - ستون سوم ارقام مربوط به بارندگی است (PPT) که بصورت نزولی ردیف شده‌اند. ستون دوم شماره هر ردیف و ستون اول سال‌های وقوع می‌باشد.

ب - ستون چهارم احتمال تجربی است که برای هر کدام از داده‌ها از فرمول ویبول محاسبه شده است.

ج - ستون پنجم احتمال مربوط به هر یک از مقادیر بارندگی است که از توزیع تئوری نرمال محاسبه شده‌اند.

برای این منظور ابتدا میانگین $\overline{x}=41.28$ و انحراف از معیار داده‌ها $(S = 6.49)$ محاسبه شده‌اند و سپس با استفاده از فرمولی که در معادله ۱۷-۴۳ و شکل ۱۷-۱۶ برای توزیع نرمال داده شده است مقادیر احتمال تئوری به ازاء هر یک از مقادیر بارندگی ستون سوم محاسبه شده‌اند.

د - ارقام ستون ششم تفاوت بین احتمال تجربی (ستون ۴) و احتمال تئوری نرمال (ستون۵) می‌باشد (D).

ه - ارقام ستون هفتم احتمال تئوری توزیع گاما با توجه به فرمول‌های این روش می‌باشد. برای استفاده از این توزیع پارامترهای $\lambda$ و $\beta$ مورد نیاز بوده است که مقادیر آنها عبارت خواهند بود از:

$$\lambda = \frac{\overline{x}}{S^2} = 0.98 \text{ و } \beta = \frac{\overline{x}^2}{S^2} = 40.45$$

و - ارقام ستون ۸ تفاوت احتمال تجربی و احتمال محاسبه شده با توزیع گاما می‌باشد.

حداکثر اختلاف (D) در توزیع گاما به مقدار ۰/۰۷۵ و مربوط به ردیف ۱۲ می‌باشد

جدول ۱۷-۱۳ تحلیل فراوانی داده‌های بارندگی

| سال | بارندگی ردیف‌شده (inches) | ردیف (m) | فراوانی نمونه‌ها $F_s = [m/(n+1)]$ |
|---|---|---|---|
| 1983 | 54.41 | 1 | 0.026 |
| 1979 | 52.79 | 2 | 0.051 |
| 1975 | 52.13 | 3 | 0.077 |
| 1972 | 49.63 | 4 | 0.103 |
| 1977 | 49.42 | 5 | 0.128 |
| 1953 | 48.13 | 6 | 0.154 |
| 1958 | 47.87 | 7 | 0.179 |
| 1971 | 47.79 | 8 | 0.205 |
| 1973 | 46.06 | 9 | 0.231 |
| 1978 | 45.95 | 10 | 0.256 |
| 1956 | 45.90 | 11 | 0.282 |
| 1952 | 45.84 | 12 | 0.308 |
| 1967 | 44.82 | 13 | 0.333 |
| 1984 | 43.66 | 14 | 0.359 |
| 1969 | 43.36 | 15 | 0.385 |
| 1962 | 42.63 | 16 | 0.410 |
| 1951 | 42.06 | 17 | 0.436 |
| 1960 | 41.15 | 18 | 0.462 |
| 1961 | 41.05 | 19 | 0.487 |
| 1950 | 40.47 | 20 | 0.513 |
| 1982 | 40.43 | 21 | 0.538 |
| 1986 | 40.42 | 22 | 0.564 |
| 1966 | 40.00 | 23 | 0.590 |
| 1970 | 39.14 | 24 | 0.615 |
| 1980 | 38.80 | 25 | 0.641 |
| 1959 | 38.37 | 26 | 0.667 |
| 1981 | 37.83 | 27 | 0.692 |
| 1974 | 37.78 | 28 | 0.718 |
| 1968 | 35.45 | 29 | 0.744 |
| 1985 | 35.20 | 30 | 0.769 |
| 1963 | 34.95 | 31 | 0.795 |
| 1954 | 34.04 | 32 | 0.821 |
| 1987 | 33.40 | 33 | 0.846 |
| 1976 | 33.27 | 34 | 0.872 |
| 1955 | 33.03 | 35 | 0.897 |
| 1957 | 32.20 | 36 | 0.923 |
| 1964 | 29.88 | 37 | 0.949 |
| 1965 | 29.34 | 38 | 0.974 |

($D_{max} = 0.075$). حداکثر اختلاف در توزیع نرمال ۰/۰۷۱ و مربوط به ردیف ۲۹ می‌باشد. در جدول ۱۷-۱۲ به ازاء $n = 38$ و $\alpha = 0.05$ مقدار بحرانی D برابر ۰/۱۴ بدست می‌آید.

چون $D_{max}$ در هر دو توزیع نرمال و گاما کمتر از ۰/۱۴ است لذا فرض صفر در مورد هر دو توزیع قابل قبول می‌باشد. به عبارت دیگر داده‌ها هم از توزیع نرمال و هم از توزیع گاما تبعیت می‌کنند. ولی اگر متوسط تفاوت‌ها را (D) در دو توزیع محاسبه کنیم مشاهده خواهد شد که متوسط D برای توزیع نرمال ۰/۰۲۳ و برای توزیع گاما ۰/۰۲۴ است و لذا نکوئی برازش داده‌ها با توزیع نرمال کمی بهتر از توزیع گاما می‌باشد.

جدول ۱۷-۱۴ آزمون نکوئی برازش کلموگروف - اسمیرنوف برای داده‌های بارندگی با دو توزیع نرمال و گاما.

| سال | ردیف | PPT بارندگی | فراوانی | توزیع نرمال | D | توزیع گاما | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1983 | 1 | 54.41 | 0.026 | 0.022 | 0.004 | 0.029 | 0.004 |
| 1979 | 2 | 52.79 | 0.051 | 0.038 | 0.013 | 0.046 | 0.005 |
| 1975 | 3 | 52.13 | 0.077 | 0.048 | 0.029 | 0.056 | 0.021 |
| 1972 | 4 | 49.63 | 0.103 | 0.099 | 0.003 | 0.104 | 0.001 |
| 1977 | 5 | 49.42 | 0.128 | 0.105 | 0.023 | 0.109 | 0.019 |
| 1953 | 6 | 48.13 | 0.154 | 0.146 | 0.008 | 0.146 | 0.008 |
| 1958 | 7 | 47.87 | 0.179 | 0.155 | 0.024 | 0.155 | 0.025 |
| 1971 | 8 | 47.79 | 0.205 | 0.158 | 0.047 | 0.157 | 0.048 |
| 1973 | 9 | 46.06 | 0.231 | 0.231 | 0.000 | 0.223 | 0.008 |
| 1978 | 10 | 45.95 | 0.256 | 0.236 | 0.020 | 0.228 | 0.028 |
| 1956 | 11 | 45.90 | 0.282 | 0.238 | 0.044 | 0.230 | 0.052 |
| 1952 | 12 | 45.84 | 0.308 | 0.241 | 0.066 | 0.233 | 0.075 |
| 1967 | 13 | 44.82 | 0.333 | 0.293 | 0.041 | 0.280 | 0.053 |
| 1984 | 14 | 43.66 | 0.359 | 0.357 | 0.002 | 0.340 | 0.019 |
| 1969 | 15 | 43.36 | 0.385 | 0.374 | 0.010 | 0.357 | 0.028 |
| 1962 | 16 | 42.63 | 0.410 | 0.417 | 0.007 | 0.398 | 0.012 |
| 1951 | 17 | 42.06 | 0.436 | 0.452 | 0.016 | 0.432 | 0.004 |
| 1960 | 18 | 41.15 | 0.462 | 0.508 | 0.046 | 0.487 | 0.025 |
| 1961 | 19 | 41.05 | 0.487 | 0.514 | 0.027 | 0.493 | 0.006 |
| 1950 | 20 | 40.47 | 0.513 | 0.549 | 0.036 | 0.529 | 0.016 |
| 1982 | 21 | 40.43 | 0.538 | 0.552 | 0.013 | 0.531 | 0.007 |
| 1986 | 22 | 40.42 | 0.564 | 0.552 | 0.012 | 0.532 | 0.032 |
| 1966 | 23 | 40.00 | 0.590 | 0.578 | 0.012 | 0.558 | 0.032 |
| 1970 | 24 | 39.14 | 0.615 | 0.629 | 0.013 | 0.611 | 0.005 |
| 1980 | 25 | 38.80 | 0.641 | 0.648 | 0.007 | 0.631 | 0.010 |
| 1959 | 26 | 38.37 | 0.667 | 0.672 | 0.006 | 0.657 | 0.009 |
| 1981 | 27 | 37.83 | 0.692 | 0.712 | 0.020 | 0.700 | 0.008 |
| 1974 | 28 | 37.78 | 0.718 | 0.705 | 0.013 | 0.692 | 0.026 |
| 1968 | 29 | 35.45 | 0.744 | 0.815 | 0.071 | 0.813 | 0.069 |
| 1985 | 30 | 35.20 | 0.769 | 0.825 | 0.056 | 0.824 | 0.055 |
| 1963 | 31 | 34.95 | 0.795 | 0.835 | 0.040 | 0.835 | 0.040 |
| 1954 | 32 | 34.04 | 0.821 | 0.867 | 0.047 | 0.871 | 0.051 |
| 1987 | 33 | 33.40 | 0.846 | 0.887 | 0.041 | 0.893 | 0.047 |
| 1976 | 34 | 33.27 | 0.872 | 0.891 | 0.019 | 0.898 | 0.026 |
| 1955 | 35 | 33.03 | 0.897 | 0.898 | 0.000 | 0.905 | 0.008 |
| 1957 | 36 | 32.20 | 0.923 | 0.919 | 0.004 | 0.928 | 0.005 |
| 1964 | 37 | 29.88 | 0.949 | 0.960 | 0.011 | 0.971 | 0.022 |
| 1965 | 38 | 29.34 | 0.974 | 0.967 | 0.008 | 0.977 | 0.003 |

● مثال ۱۷-۱۱

میانگین و انحراف از معیار داده‌های بارندگی سالانه یک حوضه به ترتیب ۴۱/۲۸ و ۶/۴۹ سانتی متر است اگر فرض کنیم توزیع تئوری نرمال با داده‌های مشاهده شده منطبق باشد با استفاده از تابع تئوری نرمال حساب کنید:

الف - با چه احتمالی مقدار بارندگی سالانه از ۴۵ سانتی متر کمتر خواهد بود.

ب - با چه احتمالی مقدار بارندگی سالانه بین ۴۳ و ۴۵ سانتی متر خواهد بود.

ج - با چه احتمالی بارندگی سالانه از ۳۵ سانتی متر کمترخواهد بود.

د - با چه احتمالی دقیقاً در هر سال ۳۵ سانتی متر بارندگی خواهیم داشت.

## حل

الف -

$\overline{x} = 41.28$

$S = 6.49$

$x_i = 45$

$Z = \dfrac{45 - 41.28}{6.49}$

$Z = 0.57$

از جدول ۱۷-۱۰ به ازاء $Z = 0.57$ مقدار احتمال تجمعی ۰/۷۱۵۷ بدست می‌آید. لذا با احتمال ۷۱/۵۷ درصد مقدار بارندگی در هر سال کمتر از ۴۵ سانتی متر خواهد بود.

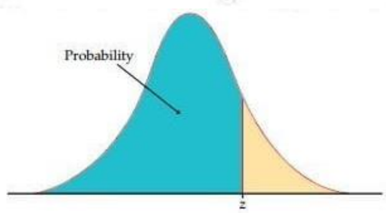



Table entry for *z* is the area under the standard normal curve to the left of *z*.

**TABLE A**
Standard normal probabilities (continued)

| z | 0 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.07 | 0.08 | 0.09 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0.5000 | 0.5040 | 0.5080 | 0.5120 | 0.5160 | 0.5199 | 0.5239 | 0.5279 | 0.5319 | 0.5359 |
| 0.1 | 0.5398 | 0.5438 | 0.5478 | 0.5517 | 0.5557 | 0.5596 | 0.5636 | 0.5675 | 0.5714 | 0.5753 |
| 0.2 | 0.5793 | 0.5832 | 0.5871 | 0.5910 | 0.5948 | 0.5987 | 0.6026 | 0.6064 | 0.6103 | 0.6141 |
| 0.3 | 0.6179 | 0.6217 | 0.6255 | 0.6293 | 0.6331 | 0.6368 | 0.6406 | 0.6443 | 0.6480 | 0.6517 |
| 0.4 | 0.6554 | 0.6591 | 0.6628 | 0.6664 | 0.6700 | 0.6736 | 0.6772 | 0.6808 | 0.6844 | 0.6879 |
| 0.5 | 0.6915 | 0.6950 | 0.6985 | 0.7019 | 0.7054 | 0.7088 | 0.7123 | 0.7157 | 0.7190 | 0.7224 |
| 0.6 | 0.7257 | 0.7291 | 0.7324 | 0.7357 | 0.7389 | 0.7422 | 0.7454 | 0.7486 | 0.7517 | 0.7549 |
| 0.7 | 0.7580 | 0.7611 | 0.7642 | 0.7673 | 0.7704 | 0.7734 | 0.7764 | 0.7794 | 0.7823 | 0.7852 |
| 0.8 | 0.7881 | 0.7910 | 0.7939 | 0.7967 | 0.7995 | 0.8023 | 0.8051 | 0.8078 | 0.8106 | 0.8133 |
| 0.9 | 0.8159 | 0.8186 | 0.8212 | 0.8238 | 0.8264 | 0.8289 | 0.8315 | 0.8340 | 0.8365 | 0.8389 |
| 1 | 0.8413 | 0.8438 | 0.8461 | 0.8485 | 0.8508 | 0.8531 | 0.8554 | 0.8577 | 0.8599 | 0.8621 |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | 0.8686 | 0.8708 | 0.8729 | 0.8749 | 0.8770 | 0.8790 | 0.8810 | 0.8830 |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | 0.8888 | 0.8907 | 0.8925 | 0.8944 | 0.8962 | 0.8980 | 0.8997 | 0.9015 |

ب – مقادیر Z به ازاء ۴۵ و ۴۳ سانتی متر بارندگی ۰/۵۷ و ۰/۲۷ خواهد بود که مقادیر احتمال متناظر آن‌ها از جدول ۱۷–۱۰ به ترتیب ۰/۷۱۵۷ و ۰/۶۰۶۴ بدست می‌آید لذا احتمال این که بارندگی سالانه بین ۴۵ و ۴۳ سانتی متر باشد تفاصل دو رقم فوق یعنی ۱۰/۹ درصد است. زیرا:

$$p(43<x<45) = 71.57 - 60.64$$

$$p(43<x<45) = 10.9$$

ج – به ازاء ۳۵ سانتی متر بارندگی مقدار Z عدد منفی خواهد بود زیرا:

$$Z = \frac{35 - 41.28}{6.49}$$

$$Z = - 0.97$$

چون Z منفی است ابتدا به ازاء ۰/۹۷ مقدار احتمال را بدست آورید (که برابر ۰/۸۳۴۰ خواهد بود). سپس آن را از یک کسر کنید تا احتمال مربوطه محاسبه شود. در این صورت احتمال این که بارندگی سالانه از ۳۵ سانتی متر کمتر باشد ۰/۱۶۶ یا ۱۶/۶ درصد است. زیرا:

$$p(x<35) = 1 - 0.834 = 0.166$$

د – برای بدست آوردن این که با چه احتمالی بارندگی دقیقاً ۳۵ سانتی متر باشد بـهمان روش بند ب عمل می‌شود که عبارت خواهد بود از:

$$p(35<x<35) = 0.166 - 0.166$$

$$p(35<x<35) = 0$$

بنابراین توزیع احتمال نرمال مانند دیگر توزیع‌های پیوسته احتمال این که دقیقاً یک مقدار مشخص اتفاق افتد صفر است زیرا روی منحنی توزیع احتمال بی نهایت نقطه وجود دارد و اگر بخواهیم احتمال وقوع آن را محاسبه کنیم مقدار آن $\frac{1}{\infty}$ خواهد شد که مساوی صفر است ولی در توزیع‌های گسسته امکان این که برای هر متغیر احتمال وقوع آن را حساب کنیم وجود دارد.

● **مثال ۱۷-۱۴**

ریسک وقوع حداکثر لحظه‌ای سیل سالانه با دوره بازگشت ۲۰ سال در ۳ سال آینده چقدر است.

$P = 1/T = 1/20 = 0.05$

$n=3$

$J = 1-(1-0.05)^3 = 14.3\%$

در مثال فوق محاسبه شد که ۱۴ درصد (یا کمی بیشتر) احتمال وجود دارد که سیلابی با دوره برگشت ۲۰ سال در طی ۳ سال آینده یکبار رخ دهد. بهمین ترتیب اگر احتمال این را که یک واقعه ۱۰۰ ساله ($p = 0.01$) در طی ۱۰۰ سال آینده ($n = 100$) حداقل یکبار رخ دهد محاسبه کنیم ریسک ۶۳ درصد خواهد بود که کمتر از متوسط آن یعنی یک بار در هر ۱۰۰ سال می‌باشد.

$J = 1 - (1 - 0.01)^{100} = 0.63$