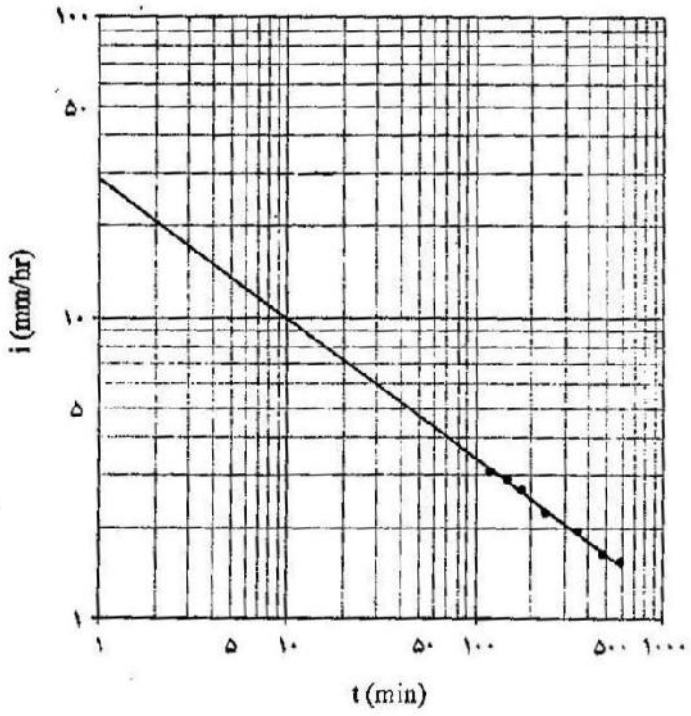


شکل ۳-۱۶ تعیین ضرایب k و n

۳-۹ منحنی‌های عمق – مساحت- مدت بارش (DAD)

اصولاً بارش در مناطق وسیع بطور یکنواخت و با شدت ثابت نمی‌بارد. در برخی نقاط عمق بارش زیاد و در نقاط دیگر کم است. با رسم خطوط همباران نحوه‌ی توزیع مقدار بارش در منطقه (طی یک رخداد بارش) بهتر مشخص می‌شود. در برخی مطالعات هیدرولوژی نیاز به ترسیم نقشه‌های همباران برای بارش‌های یک روزه، دو روزه، سه روزه و حتی در برخی مناطق ۵ روزه است. اگر باران‌سنج کافی برای رسم خطوط همباران در منطقه موجود باشد (برای بارش‌های با تداوم مورد نظر)، می‌توان منحنی‌های عمق- مساحت- مدت بارش (DAD) را برای آن منطقه ترسیم نمود. به ترتیب مراحل زیر:

الف- براساس تداوم بارش مورد نظر، مثلاً یک روزه، دو روزه و ... بزرگترین مقدار بارش اتفاق افتاده انتخاب می‌شود؛

ب- خطوط همباران منطقه براساس بزرگترین میزان بارش انتخابی در گام قبل ترسیم می‌شود،

چ- براساس نقشه‌ی همباران، مرکز با مراکز بارش منطقه که عملاً نقاط با بیشترین مقدار بارش هستند مشخص می‌شود؛

د- با شروع از مراکز بارش، مساحت داخل هر منحنی همباران اندازه‌گیری می‌شود،

ه- مساحت بین هر دو منحنی همباران در متوسط بارش این منحنی‌ها ضرب تا عمق بارش بین دو منحنی بدست آید؛

و- مقدار افزایش حجم حاصل با مقادیر جزیی قبلی جمع شده و برای کل منطقه به صورت تجمعی پیش می‌رود تا کل حجم بارش به دست آید؛

ز- عمق میانگین بارش، از حاصل تقسیم حجم بارش بدست آمده بر مساحت کلی به دست می‌آید؛

ح- منحنی براساس یک تداوم بارش خاص (مثلاً یک روزه) در دستگاه مختصاتی که محور افقی آن مساحت و محور قائم آن میانگین عمق بارش است (به نام منحنی عمق – مساحت – مدت بارش -DAD) را می‌توان ترسیم نمود.

با انجام این مراحل برای بارش‌های با تداوم‌های مختلف (دو روزه، سه روزه و ...) منحنی‌های DAD حاصل می‌شود.

مثال ۳-۸: با داده‌های ایستگاه‌های باران‌سنجی منطقه‌ای، خطوط همباران برای بارش حداکثر ۴ روزه (شکل ۳-۱۷) بدست آمده است (دارای دو مرکز بارش A و B). مطلوب است ترسیم منحنی DAD بارش با مدت ۴ روز در این منطقه.

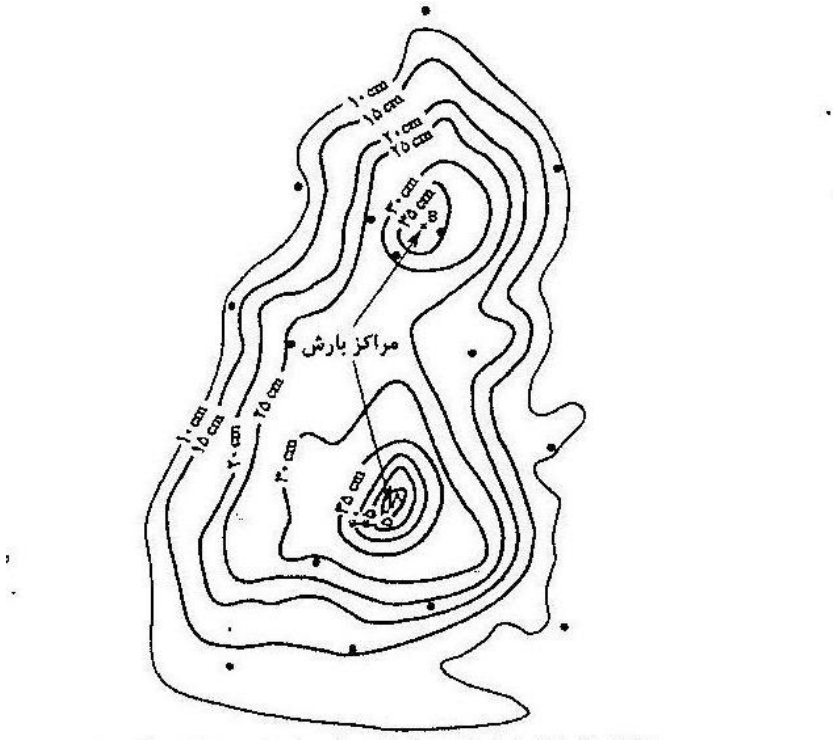
حل: خلاصه‌ی محاسبات جهت ترسیم منحنی عمق – مساحت – مدت در جدول ۳-۹ درج گردیده است. نهایتاً منحنی DAD برای تداوم ۴ روزه براساس مساحت و عمق متوسط در شکل ۳-۱۸ رسم شده است.

جدول ۳-۹ خلاصه‌ی محاسبات استخراج منحنی DAD برای تداوم ۴ روزه

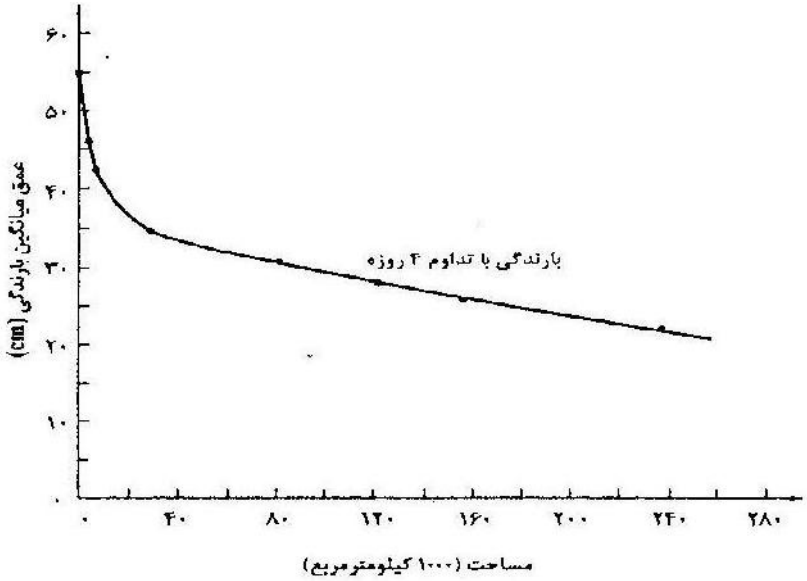
مرکز بارش	منحنی همباران (cm)	مساحت محصور بین همبارانها (km^2)	محدوده‌ی منحنی‌های همباران (cm)	میانگین همباران (cm)	مساحت بین همبارانها (km^2)	حجم جزئی $(km^2)\times(cm)$	حجم تجمعی $(km^2)\times(cm)$	عمق میانگین بارش (cm)
A	50	0.5	55	55.0	0.5	27.5	27.5	55.0
	40	4	40-50	45	3.5	157.5	185.0	46.25
	35	7	35-40	37.5	3	112.5	297.5	42.5
	30	29	30-35	32.5	22	715.0	1012.5	34.91
B	35	0.2	>35	37.5	2	75.0	75.0	37.5
	30	9.5	30-35	32.5	7.5	244.0	319.0	33.6
A	25	82	25-30	27.5	43.5	1196.2	2527.0	30.8
	20	122	20-25	22.5	40	900	3427.8	28.1
	15	156	15-20	17.5	34	595	4022.8	25.8
	10	236	10-15	12.5	80	1000	5022.8	21.3

۳-۱۰ تعدیل بارش نقطه‌ای به بارش منطقه‌ای

در بسیاری از مناطق تعداد ایستگاه‌های باران‌سنجی و یا تراکم آنها به حدی نیست که بتوان از روش‌های یادشده جهت تبدیل بارش نقطه‌ای به بارش منطقه‌ای استفاده کرد، لذا بایستی به نحوی بر مبنای تجزیه و تحلیل داده‌های موجود بارش نقطه‌ای را برای چنین مناطقی تبدیل به بارش منطقه‌ای کرد. براساس اندازه‌گیری‌های انجام شده و ارتباط بین مدت تداوم بارش با مساحت، ضرایبی جهت تبدیل بارش نقطه‌ای به منطقه‌ای به دست آمده که طبیعتاً کوچکتر از یک است و با افزایش مساحت منطقه کوچکتر شده و با افزایش مدت تداوم بارش به یک نزدیکتر می‌شود. سازمان جهانی هواشناسی، این ضریب را مطابق جدول ۳-۱۰ برای تداوم بارش از ۱۵ دقیقه تا ۴۸ ساعت و مساحت منطقه از ۱۰ تا ۱۰۰۰ کیلومتر مربع ارائه می دهد. جهت تعیین ضریب تعدیل ارقام بین این اعداد جدول، می‌توان از درونیابی خطی استفاده کرد.



شکل ۳-۱۷ خطوط همباران برای بارش حداکثر ۴ روزه



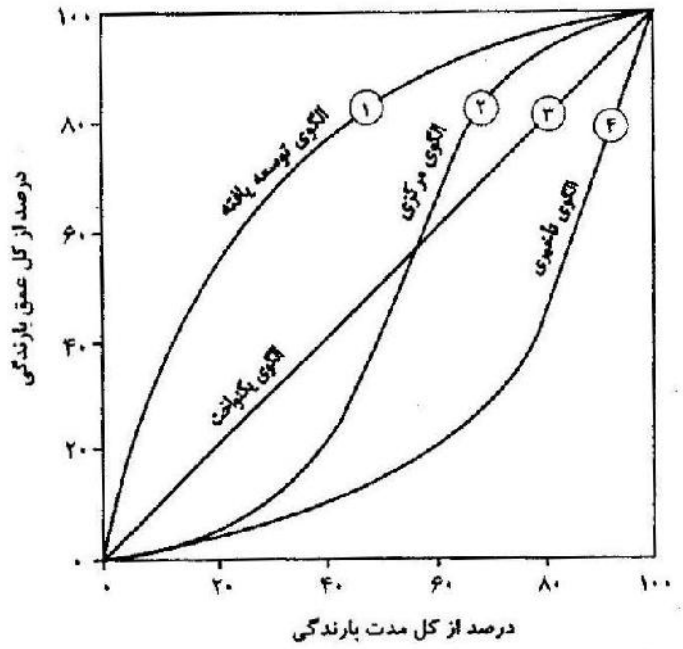
شکل ۳-۱۸ منحنی DAD برای بارش با تداوم ۴ روزه

جدول ۳-۱۰ ضریب تعدیل بارش نقطه‌ای به بارش منطقه‌ای.

مدت بارش	مساحت منطقه‌ی (km^2)						
	10	30	100	300	1000	3000	10000
۱۵ دقیقه	0.85	0.77	0.64	0.53	0.39	0.29	-
۳۰ دقیقه	0.89	0.82	0.72	0.62	0.51	0.41	0.31
۶۰ دقیقه	0.91	0.86	0.79	0.71	0.62	0.53	0.44
۲ ساعت	0.93	0.90	0.84	0.79	0.73	0.65	0.55
۳ ساعت	0.94	0.91	0.87	0.83	0.78	0.71	0.62
۶ ساعت	0.96	0.93	0.90	0.87	0.83	0.79	0.73
۲۴ ساعت	0.97	0.96	0.94	0.92	0.89	0.86	0.83
۴۸ ساعت	0.98	0.97	0.96	0.94	0.91	0.88	0.86

۳-۱۱ الگوهای زمانی بارش

در بسیاری از طراحی‌های هیدرولوژیکی، نظیر طراحی سیستم‌های جمع‌آوری آبهای سطحی، توزیع زمانی بارش یا نحوه تغییر شدت بارش در طول مدت بارش از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. براساس تجارب سازمان جهانی هواشناسی در نقاط مختلف دنیا، چهار تیپ عمومی نحوه‌ی توزیع عمق بارش در طول بارش را نشان می‌دهد(شکل ۳-۱۹).



شکل ۳-۱۹ الگوهای عمومی توزیع زمانی بارش

در این شکل، نوع اول الگوی بارش که به نام الگوی توسعه‌یافته معروف است، شدت بارش در ابتدا زیاد و درصد عمده‌ای از مقدار بارش در ابتدای بارش ایجاد می‌شود. در نوع دوم تقریباً بارش در طول مدت بارش به صورت یکنواخت و با شدت ثابت می‌بارد که به الگوی مرکزی معروف است. تیپ سوم یک الگوی کاملاً یکنواخت را نشان می‌دهد که به ندرت در طبیعت رخ می‌دهد که از اینرو معمولاً از این الگو استفاده نشده و ارائه آن نیز صرفاً جهت تسهیل در مقایسه شکل عمومی سایر الگوهای بارش است. در تیپ چهارم، عمده‌ی بارش در انتهای مدت تداوم بارش روی داده که به الگوی تأخیری معروف است. البته این چهار الگو کلی بوده و جهت طراحی‌های محلی نیاز به استخراج دقیق الگوهای زمانی بارش است.

مسایل

۳-۱ تعداد ایستگاه‌های باران‌سنجی در منطقه ای ۷ است. میانگین بارش در طول یکسال در این ۷ ایستگاه در جدول ۳-۱۱ داده شده است. با فرض قبول خطای ۵٪ برای میانگین بارش‌ها، چند ایستگاه باران‌سنجی دیگر باید احداث شود؟

جدول ۳-۱۱ بارش در هفت ایستگاه مختلف

نام ایستگاه	A	B	C	D	E	F	G
بارش (mm)	130.190	142.1	118.2	108.5	165.2	102.1	146.9

۳-۲ بارش نرمال سالانه در پنج ایستگاه باران‌سنجی به ترتیب ۱۲۵، ۱۰۲، ۷۶، ۱۱۳ و ۱۳۷ سانتیمتر است. در طی یک واقعه‌ی بارش، ۴ ایستگاه اول مقادیر بارش را به ترتیب ۱۳.۲، ۹.۲، ۶.۸ و ۱۰.۲ سانتیمتر ثبت نموده‌اند. باران‌سنج پنجم به دلیل خرابی عددی را ثبت نکرده است. مطلوب است تخمین مقدار بارش در این ایستگاه در طی این رخداد.

۳-۳ مطلوب است بررسی سازگاری داده‌های بارش سالانه مشاهداتی در ایستگاه A (جدول ۳-۱۲) موجود برای مدت ۲۲ سال. مقادیر میانگین بارش مشاهداتی در ۸ ایستگاه مجاور متناظر با هر سال نیز در جدول نیز داده شده است. ۱) از چه سالی تغییرات نمایان شده است؟ ۲) مقادیر ناسازگار در ایستگاه A را براساس میانگین ۸ ایستگاه مجاور اصلاح کنید.

جدول ۳-۱۲ بارش ۲۲ ساله‌ی در ایستگاه A و ۸ ایستگاه مجاور

سال	1356	1357	1358	1359	1360	1361	1362	1363	1364	1365	1366
بارش در ایستگاه A (cm)	177	144	178	162	194	168	196	144	160	196	141
میانگین بارش در ۸ ایستگاه مجاور(cm)	143	132	146	147	161	155	152	117	128	193	156
سال	1367	1368	1369	1370	1371	1372	1373	1374	1375	1376	1377
بارش در ایستگاه A (cm)	158	145	132	95	148	142	140	130	137	130	162
میانگین بارش در ۸ ایستگاه مجاور(cm)	164	155	143	115	135	163	135	143	130	146	161

۳-۴ بارش سالانه برحسب سانتیمتر، در چهار ایستگاه A، B ، C و X بین سال‌های ۱۳۶۰ تا ۱۳۷۵ (جدول ۳-۱۳) اندازه‌گیری شده است. ضمن بررسی سازگاری داده‌های ایستگاه X، در صورت ناسازگاری آنرا اصلاح کنید.

جدول ۳-۱۳ بارش در ایستگاه‌های مختلف در طی سالهای ۱۳۶۰ تا ۱۳۷۵

سال	1360	1361	1362	1363	1364	1365	1366	1367	1368	1369
A	41	44	36	37	40	39	35	34	36	42
B	37	41	33	36	38	39	31	31	30	37
C	42	44	40	40	43	44	36	36	38	43
X	43	46	40	42	45	43	37	38	37	46

ادامه‌ی جدول ۳-۱۳

سال	1370	1371	1372	1373	1374	1375
A	43	38	43	45	42	38
B	39	36	39	40	41	38
C	42	40	46	45	43	37
X	40	36	39	42	38	34

۳-۵ داده‌های جدول ۳-۱۴ از یک باران نگار در طول یک واقعه‌ی بارش استخراج گردیده است. مطلوب است: الف- رسم هیتوگراف بارش، و ب- حداکثر شدت بارش در طول این بارش چقدر بوده است؟

جدول ۳-۱۴ بارش تجمعی در طول ۱.۵ ساعت بارش

زمان آغاز بارش(min)	10	20	30	40	50	60	70	80	90
بارش تجمعی(mm)	19	41	48	68	91	124	152	160	166

۳-۶ براساس مشاهدات یک رخداد بارش در ایستگاه‌های مختلف منطقه‌ای به مساحت ۶۰۰ km^2، خطوط همباران رسم و مساحت بین این خطوط به صورت جدول ۳-۱۵ بدست آمده است. مطلوب است برآورد عمق متوسط بارش این منطقه.

جدول ۳-۱۵ مساحت بین خطوط همباران در طی یک رخداد بارش

زمان (hr)	12-15	9-12	6-9	3-6	1-3
مساحت بین خطوط km^2	92	128	120	175	85

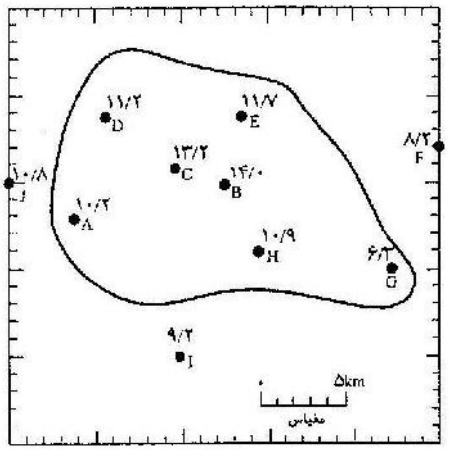
۳-۷ در منطقه‌ای مطابق شکل ۳-۲۰، هفت ایستگاه بارانسنجی در داخل منطقه و ۳ ایستگاه در خارج از آن میزان بارش را در یک رخداد بارش ثبت کرده‌اند. مقادیر بارش روی شکل برحسب میلیمتر است. مطلوب است محاسبه بارش میانگین در منطقه به سه روش میانگین ریاضی، روش تیسن و روش خطوط همباران.

۳-۸ خطوط همباران برای بارش با تداوم ۲ روز برای منطقه‌ای به مساحت ۱۰۳۸/۲ کیلومترمربع مطابق شکل ۳-۲۱ است. مساحت بین خطوط همباران به صورت جدول ۳-۱۷ مساحی شده است. مطلوب است رسم منحنی عمق- مساحت – مدت بارش (DAD) با تداوم ۲ روزه در این منطقه.

جدول ۳-۱۷ مساحت مناطق مختلف شکل ۳-۲۱

منطقه	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6
مساحت km^2	63.4	278.0	389.0	220.0	55.2	32.7

۳-۹ مطلوب است ارائه رابطه ی بین شدت با مدت بارش در ایستگاهی که داده‌های آن مطابق جدول ۳-۱۶ است.

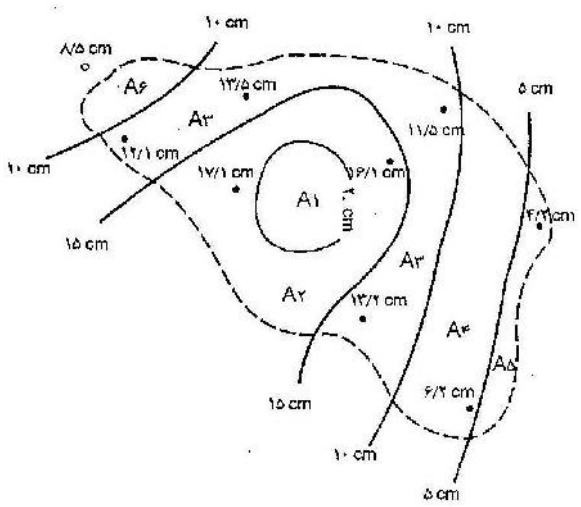


شکل ۳-۲۰ مقادیر بارش ثبت شده در ایستگاه های مختلف منطقه

جدول ۳-۱۶ بارش تجمعی در طول ۴۸ ساعت

خطوط همباران (cm)	1	2	3	6	12	14	48
بارش تجمعی (cm)	2.49	4.17	5.08	8.46	13.49	21.6	33.6

۳-۱۰ مقدار بارش ثبت شده توسط بارانسنجی در منطقه‌ای به مساحت ۱۲۰ کیلومترمربع با تداوم ۶۰ دقیقه معادل ۳۴ میلیمتر بوده است. بطور میانگین حجم بارش منطقه را چقدر برآورد می‌کنید؟



شکل ۳-۲۱ خطوط همباران در حوضه آبریزی به مساحت ۱۰۳۸/۲ کیلومتر مربع

فصل چهارم تلفات آب (شامل بخش هایی از برگاب،چالاب و نفوذ)

بخشی از بارش، قبل از جاری شدن بر روی سطح زمین به صورت نگهداشت روی سطوح برگ،شاخه و تنه ی درختان و گیاهان باقی می ماند،که برگاب (Interception) نام دارد. بخش دیگری که در فرو رفتگی ها، گودال ها و/یا چاله های روی زمین باقی می ماند و نیز تبدیل به جریان نمی شود، ذخیره ی چالاب (Depression) یا اختصارا چالاب گویند. در اثر خاصیت نفوذپذیری خاک، ممکن است بخشی از بارش به مرور به داخل خاک فرو رفته که به آن نفوذ (Infiltration) گفته می شود. همه این موارد می تواند سهم عمده ای در کاهش اوج و حجم سیلاب در مناطق طبیعی داشته باشد. مقداری از آب نفوذ یافته ممکن است به رواناب سطحی محدوده حوضه آبریز برگشته (چشمه موقتی) و بقیه آب های زیرزمینی را تغذیه نماید. از این آب تغذیه شده ممکن است مقداری وارد رودخانه (در محدوده حوضه آبریز) شده و بقیه از دسترس (محدوده حوضه آبریز) خارج شود. این آب اخیر تلفات زیرزمینی نامیده می شود. به مجموع مقادیر برگاب و چالاب، در اصطلاح نگهداشت آب (Retention) گفته می شود. به مجموع مقادیر برگاب، چالاب، تلفات زیرزمینی و نیز مقادیر نفوذ یافته که به هر نحو به رواناب تبدیل نشود تبخیروتعرق یا تلفات آبی (Losses) گفته می شود. منظور از تلفات مجموع آبی است که از مقدار بارش کسر شده و مابقی آن به جریان تبدیل می شود. در این فصل ابتدا به معرفی کلی برگاب و چالاب پرداخته می شود. سپس، فرآیند نفوذ به دلیل مهم بودن و نقش پیچیده آن در مقدار رواناب تشریح می شود.

۴-۱ برگاب

فرایند گیرش و جذب مقداری از آب بارش توسط سطوح برگ، شاخه و تنه ی درختان و گیاهان در طی اوایل رخداد ریزش و سپس تبخیر یا بازگشت این آب به جو، پس از اتمام ریزش، برگاب نام دارد. در مطالعات هیدرولوژیکی مربوط به بارش های شدید مولد سیلاب های بزرگ، می توان از میزان برگاب صرف نظر کرد. ولی در مطالعات مربوط به بیلان آب بلند مدت، مخصوصا در رژیم های آرام بارش، مقدار آن بایستی برآورد و در محاسبات وارد شود. مقدار برگاب بستگی به مشخصات بارش، نوع گیاه، سن و تراکم گیاه و نهایتا به فصل سال دارد. در فصول رشد گیاهان، معمولا بین 10 تا 20 درصد بارش می تواند تبدیل به برگاب شود و در مناطق جنگلی حتی این مقدار می تواند به بیش از 25 درصد کل بارش برسد. مقدار ظرفیت برگاب در ابتدای بارش حداکثر است و سپس با افزایش مدت بارش ظرفیت آن کاسته شده تا نهایتا به صفر می رسد. مقدار کل برگاب در طی بارش و پس از آن بستگی به ظرفیت نگهداشت آب توسط گیاه و میزان تبخیر دارد. اگر مولفه های دیگر معادله

بیلان شامل بارش، تبخیر و تعرق، نفوذ، چالاب و رواناب مشخص باشد، می توان مقدار برگاب را از رابطه بیلان آب به دست آورد. ولی برای مطالعه برآورد مستقل برگاب با استفاده از ویژگی های گیاهان حوضه آبریز و استخراج روابط مربوطه به کتب هیدرولوژی مراجعه شود.

۲-۴ چالاب

چالاب بخشی از ریزش است که در چاله ها، گودال ها و شیارهای سطح زمین وارد شده و به صورت ذخیره مانده تبدیل به جریان یا رواناب نمی شود. چالاب به مرور به صورت تبخیر به جو باز می گردد. مقدار چالاب بستگی به جنس زمین، کاربری اراضی، شیب زمین، ابعاد گودال ها و شدت بارش دارد. از آنجا که مقدار چالاب به عوامل بسیار متعددی بستگی داشته و از طرفی داده های کافی جهت فرموله کردن این عوامل وجود ندارد، لذا رابطه عمومی جهت محاسبه چالاب ارائه نشده است. ولی اگر مولفه های دیگر معادله بیلان شامل بارش، تبخیر و تعرق، نفوذ، برگاب و رواناب مشخص باشد، می توان مقدار چالاب را از رابطه بیلان آب به دست آورد.

۳-۴ نفوذ

بخشی از بارش که به سطح زمین می رسد از طریق سطح خاک به داخل زمین نفوذ کرده که ممکن است در لایه های بالایی زمین باقی مانده و به صورت تبخیر و تعرق خارج شود، یا با تراوش عمیقی به آبهای زیرزمینی متصل شود، این فرایند را نفوذ می نامند. فرایند نفوذ می تواند همانند دیگر تلفات بارش مانند برگاب، چالاب و تبخیر و تعرق، نقش کاهش دهنده رواناب سطحی داشته و در مقدار و زمان به اوج رسیدن آبدهی سطحی موثر است. نفوذ عمقی آب در خاک باعث تغذیه آبهای زیرزمینی شده و آنرا از تأثیر تبخیر و تعرق دور می سازد. در اغلب مواقع آب نفوذ کرده فقط صرف افزایش میزان رطوبت خاک سطحی شده که پس از قطع بارش به مرور در اثر تبخیر و تعرق از میزان افزایش رطوبت خاک کاسته می شود. در بحث نفوذ آب در خاک، سه معیار شدت نفوذ، مقدار تجمعی نفوذ (Cumulative infiltration) و ظرفیت نفوذ (Infiltration capacity) به عنوان شاخص های بررسی فرایند و اندازه گیری نفوذ مطرح است.

شدت نفوذ عبارتست از ارتفاع آب نفوذ کرده در واحد زمان، که عموماً برحسب واحد میلیمتر در ساعت سنجیده می شود. مقدار نفوذ تجمعی معادل ارتفاع کل آب نفوذ کرده در طی یک دوره زمانی مشخص است ومقدار نفوذ تجمعی کل، مقدار آب