

淮河中游降雨径流相似性分析^{*}

王雍君, 朱继鹏
(安徽省水文局, 合肥 230022)

摘 要:选取了几种降雨径流指标, 运用非平权距离系数法进行相似性分析, 推选出淮河流域与近年降雨径流相类似的历史年份。相似性分析得出: 1983 年、1968 年和 1996 年的降雨径流与 2003 年具有较大的综合相似性, 相反 1966 年、1961 年和 1953 年与 2003 年的降雨径流有较大的不一致性。研究近年降雨径流与历史降雨径流的发生发展相似性, 为实时的径流调度提供决策支持。
关键词:相似性分析; 降雨径流; 淮河
中图分类号: P426. 6; P 332. 4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-3409(2007) 04-0087-03

The Resemblance Analyzing of Storm-flood
in the Middle of Huaihe Valley

WANG Yong-jun, ZHU Ji-peng
(Hydrology Bureau of Anhui Province, Hefei 230022, China)

Abstract: Based on several storm-flood indexes and the resemblance analyzing of uneven weight distance coefficient, some past years were selected similar to the resent years. The conclusion is: the data of storm-flood in 2003 is similar to that of in 1983, 1968, 1996; on the contrary, the inconsistency between the data of 2003 and that of 1996, 1961 and 1953 is very evident. By studying the tendency of resemblance between the data of the resent years and the data of the past years, the tendency of real-time storm-flood will be predicted to provide the decision-making for the real-time flood control scheduling.
Key words: the resemblance analyzing; storm-flood; Huaihe valley

降雨径流的特征和信息需要多种因素来描述和表达, 在实际的防洪决策中, 如何将降雨径流的特征和信息有效地组织和表达, 与提高洪水预报精度和时效有较大关系。本文选取了几种降雨径流指标, 对降雨径流的信息标准化, 运用非平权距离系数法进行相似性分析, 推选出与近年降雨径流相类似的历史年份。通过研究近年降雨径流与历史降雨径流的发生发展相似性, 找出近年来降雨径流的规律性, 从而为实时的径流调度提供决策支持。

1 研究区概况

淮河发源于河南省桐柏山区, 自西向东流经河南省南部、皖、苏北部。王家坝水文站地处淮河中游, 豫

皖两省交界, 该站以上为上游地区, 河段长约 370 km, 控制面积 30630 km²。淮河上游地形起伏大, 进入王家坝河道弯曲, 比降骤缓, 水流不畅, 王家坝站洪水峰高量大, 水位抬高迅速, 两岸行蓄洪区运用频繁。王家坝辖 6 个水文站, 1 个水位站和 3 个雨量站。王家坝各站均为中央报讯站, 其水情、雨情常年向国家防总、淮委和省、地各级防汛部门报讯。该站在防汛抗洪决策、工程规划设计、水利工程的后评价、水资源保护及国民经济建设中起着重要的作用。

2 非平权距离系数法

采用系统相似性度量中的非平权距离系数法对所选择的降雨径流指标进行相似性分析, 其方法如

^{*} 收稿日期: 2007-04-11
作者简介: 王雍君(1967-), 女, 工程师, 主要从事水土保持监测工作与研究。

下:

假定有两系统 S_1 和 S_2 , 其有 n 个特征属性, 对所研究的 n 个特征属性而言, 两系统恒等时, 其位置将重叠, 间距为 0。其间悬殊越大, 则其距越大。也就是说, 距离被视为相似性之余。根据 S_1 和 S_2 两系统间的 n 个特征属性建立 n 维欧式距离, 则定义 S_1 和 S_2 间的距离为

$$d_{12}=\sqrt{\sum_{i=1}^n\beta_i(x_{i1}-x_{i2})^2}$$

(1)

式中: β_i ——第 i 个特征属性在相似性度量中的权重系数, 且满足 $\sum_{i=1}^n\beta_i=1$ 。

权重系数的确定有多种方法, 可用模糊数学、层次分析法、粗集理论、实验方法或利用专家集体智慧评判等方法来确定, 本文采用如下方法:

假设现有 m 个系统, 系统间有 n 个相关的特征属性, x_{ij} 为第 j 个系统的第 i 项特征属性值, 对于任意确定的 i , 令

$$x_{ij}=\frac{x_{ij}}{\max_{1\leq j\leq m}(x_{ij})}$$

(2)

可将第 i 个特征属性值标准化, 将 i 取遍 $[1, n]$ 间的所有值, 即可将所有特征属性值标准化, 且有 $0\leq x_{ij}\leq 1$ 。将 $x_{ik}(1\leq k\leq m)$ 按从大到小降序, 令

$$\Delta x_i=\frac{\sum_{u=1}^{[m/2]}x_{iu}-\sum_{t=[m+3/2]}^mx_{it}}{[m/2]}$$

(3)

表 1 降雨相似性分析结果

对比年份	研究区各测站年 降雨量与 2003 年雨量差 的平方和并标准化	研究区各测站最大 1 d 降雨量与 2003 年 雨量差的平方和并标准化	研究区各测站最大 7 d 降雨量与 2003 年 雨量差的平方和并标准化	降雨相似性分 析结果排序
1956	0.000188864	0.001432089	0.11565821	0.183402261
1969	0.168106995	0.000108302	0.110667744	0.305246004
1983	0.177642556	0.070674487	0.029206371	0.312967048
1963	0.136418593	0.113435769	0.041497351	0.318237029
1975	0.141363456	0.120554147	0.068448294	0.336553908
1964	0.192148159	0.040607779	0.143123518	0.354053814
1968	0.170994909	0.153408954	0.064766983	0.366739585
1996	0.087498436	0.196038663	0.12739095	0.369737359
1986	0.09038141	0.308408421	0.016264436	0.380949579
1970	0.32165916	0.162431114	0.030687443	0.42779799
1960	0.224750222	0.265853896	0.031593668	0.428764283
1967	0.372897109	0.024073416	0.181444401	0.443477768
1965	0.381746194	0.193533402	0.069949308	0.476496959
1962	0.440787259	0.123196351	0.13108325	0.491558928
1955	0.412317106	0.272727029	0.124153187	0.530387756
1998	0.151148578	0.151930322	0.612010476	0.532154721
1957	0.411587126	0.392252757	0.344088514	0.620930353
1985	0.428292155	0.416311852	0.321380624	0.627337187
1958	0.546094525	0.467871531	0.297577254	0.669176014
1954	0.094414517	0.530678479	1	0.710826245
1959	0.607989037	0.60624713	0.300385307	0.720717275
1961	0.57662655	0.593060276	0.426869298	0.734528286
1966	1	0.686844204	0.40879697	0.849648348
1953	0.946706314	1	0.424263605	0.903267378

其中: $\Delta x_1=0.400970487$, $\Delta x_2=0.381742342$, $\Delta x_3=0.313394939$; $\beta_1=0.36581$, $\beta_2=0.34827$, $\beta_3=0.28592$ 。

其中: $[]$ ——求整符号, 等式右边分子第 1 项表示 $[m/2]$ 个最大标准特征属性值的和, 第 2 项则表示 $[m/2]$ 个最小标准特征属性值的和, 因此 Δx_i 表示 m 个系统在第 i 个特征属性上的平均差值, 它可以反映出这些系统在此特征属性上的不一致性。

可以设想, 两个系统在某个不一致性较严重的特征属性上相似肯定比较困难, 理应赋予较大的权重系数。基于这种考虑, 对于(3)式, 赋予的权重系数为

$$\beta_i=\frac{(\Delta x_i)^2}{\sum_{k=1}^n(\Delta x_k)^2}$$

(4)

3 降雨径流相似性分析

本文将此相似性分析方法应用于 2003 年淮河流域降雨径流相似性分析的研究中, 即将其作为实时降雨径流, 利用上述方法同历史年份(选取具有代表性且资料较全的 24 a 作为历史样本)降雨径流信息进行降雨相似性、径流相似性和降雨径流综合相似性分析, 并对计算结果进行排序。

3.1 降雨相似性指标选取与分析

降雨相似性分析指标选取年降雨量、最大 1 d 降雨量和最大 7 d 降雨量 3 个因子。3 个指标都是指在一定时段内降落到地面某一面积的总水量, 常用 m^3 、亿 m^3 表示, 通常以深度(mm)表示。结果见表 1。

表中列出了 24 a 的历史降水与 2003 年降水的相似性分析结果, 1956 年、1969 年和 1983 年的降水与 2003 年具有较大的相似性, 相反 1953 年、1966 年和 1961 年与 2003 年的降水有较大的不一致性。

3.2 径流相似性指标选取与分析

对径流进行相似性比较的因子有很多, 如水位涨

差、流量涨差、时段径流量、洪峰流量和洪水峰形。此处选取年平均水位、年最高水位、最大洪峰流量和年径流量 4 个因子。这 4 个指标包含的信息量较多, 能够很好的反映 1 a 的径流情况。结果见表 2。

表 2 径流相似性分析结果

对比年份	各测站与 2003 年平均 水位差的平方 和并标准化	各测站与 2003 年最 高水位差的平方 和并标准化	各测站与 2003 年最大 洪峰流量差的平方 和并标准化	各测站与 2003 年 径流量差的平方 和并标准化	径流相似 性分析结果 排序
1998	0.001975309	0.023507628	0.059833537	0.023308665	0.014659657
1983	0.007901235	1.16087E-05	0.007551705	0.146280514	0.022170593
1960	0.001371742	0.000185739	0.004143597	0.353869091	0.040657648
1968	0.002688615	0.025100923	0.112042856	0.360736979	0.059508056
1965	0.021947874	0.046074952	0.194427919	0.253039006	0.073116209
1996	0.096790123	0.000940305	0.036059651	0.120937766	0.079102246
1985	5.48697E-05	0.205346389	0.452491125	0.266514977	0.115094324
1970	0.010754458	0.064431217	0.339370934	0.506900968	0.115439111
1975	0.172071331	0.014629871	0.091532052	0.059901089	0.128680506
1967	0.071111111	0.097190984	0.261885674	0.38729979	0.134344822
1986	0.154128944	0.065298968	0.268515429	0.059901089	0.14698125
1957	0.026556927	0.308431693	0.552766167	0.555175687	0.190212856
1954	0.300466392	0.000838729	0.000507591	0.014497623	0.190795061
1955	0.204170096	0.130435414	0.328214299	0.097610144	0.198874581
1969	0.217777778	0.013419663	0.191599914	0.350040732	0.202442428
1958	0.131742112	0.132908068	0.302907282	0.604911068	0.20658948
1962	0.126419753	0.103668641	0.406113918	0.551312385	0.206901594
1953	0.16	0.232432401	0.377906384	0.525217135	0.238227126
1959	0.126419753	0.297182857	0.505943523	0.658822154	0.256976846
1963	0.454375857	0.027306577	0.14180424	0.013749486	0.309332567
1964	0.700631001	0.055269046	0.156721188	0.016454669	0.470120141
1956	0.884993141	0.005618613	0.033656365	0.020065914	0.564045912
1961	0.663923182	1	1	0.925120914	0.78028452
1966	1	0.796867971	0.855639886	1	0.954806988

其中: $\Delta x_1 = 0.379190672$, $\Delta x_2 = 0.078454775$, $\Delta x_3 = 0.078311156$, $\Delta x_4 = 0.066828725$; $\beta_1 = 0.62906$, $\beta_2 = 0.13015$, $\beta_3 = 0.129915498$, $\beta_4 = 0.11087$ 。

表中列出了 24 a 的历史径流与 2003 年径流的相似性分析结果, 1998 年、1983 年和 1960 年的径流与 2003 年具有较大的相似性, 相反, 1966 年、1961 年和 1956 年与 2003 年的径流有较大的不一致性。

3.3 降雨径流综合相似性分析

将降雨径流相似性分析结果分别标准化后, 进行综合分析, 结果见表 3。

表 3 降雨径流综合相似性分析结果

年份	暴雨	洪水	最终结果	年份	暴雨	洪水	最终结果
1983	0.346483284	0.023219974	0.439795502	1956	0.203043158	0.590743384	0.621785207
1968	0.406014425	0.062324696	0.493233657	1962	0.544200908	0.216694679	0.623801821
1996	0.409333237	0.08284632	0.504721387	1955	0.58718799	0.208287731	0.638577352
1975	0.372596106	0.134771224	0.509889673	1985	0.69451992	0.120541979	0.650188338
1960	0.474681465	0.04258206	0.519697065	1964	0.391970111	0.49237191	0.662955314
1969	0.337935379	0.212024451	0.527557888	1957	0.687426966	0.199216029	0.675471741
1986	0.421746194	0.15393818	0.543084466	1958	0.740839346	0.216367792	0.701787199
1970	0.473611691	0.120903086	0.553720438	1954	0.78694998	0.19982579	0.713407504
1965	0.527525924	0.076576952	0.560360905	1959	0.797900259	0.269140097	0.739956456
1998	0.589144182	0.015353529	0.563433951	1953	1	0.249502915	0.802897391
1967	0.490970646	0.140703644	0.570194145	1961	0.813190317	0.817217018	0.90282719
1963	0.352317638	0.323973925	0.582148661	1966	0.940638806	1	0.984248936

其中: $\Delta x_1 = 0.335735106$, $\Delta x_2 = 0.301931002$; $\beta_1 = 0.52651$, $\beta_2 = 0.47349$ 。(下转第 95 页)

地保护湿地资源,以保证这个商品粮基地资源与环境的可持续发展。

4 结 语

GIS 技术的发展及新技术与传统评价方法的有机结合大大促进了可持续开采量评价的发展^[4],提高了地下水及其环境问题分析的工作效率。利用参考文献:

[1] 姚长青,杨志峰,赵彦伟,等.分布式水文-土壤-植被模型与 GIS 集成研究[J].水土保持学报,2005,20(1):168-171.

[2] 张久川,任树梅,马明,等.基于 GIS 的地下水资源可持续性评价[J].农业工程学报,2005,21(8):35-39.

[3] 杨湘奎,孔庆轩,李晓抗.三江平原地下水资源合理开发利用模式探讨[J].水文地质工程地质,2006,3:51-52.

[4] 王金生,王长申,滕彦国.地下水可持续开采量评价方法综述[J].水利学报,2006,37(5):525-533.

[5] 杨建强,罗先香,高振会,等.GIS 支持下人类活动对地下水动态影响的定量分析[J].水科学进展,2003,14

GIS 与动态均衡法的模型对地下水可更新补给量的评价,主要突出了地下水水位的动态变化和地下水资源的可更新能力。随着 GIS 技术的不断发展和地下水模型体系的支持下,两者有机结合有效地促进可持续开采量评价的发展,为地下水资源的管理与合理开发提供有效的技术手段。

(3):358-362.

[6] 孔金玲,王文科,翁晓鹏,等.基于 GIS 的地下水及其环境问题分析[J].吉林大学学报,2005,35(6):771-774.

[7] 朱永清,李占斌,崔灵周,等.基于 GIS 地貌形态特征分形信息维数与等高距关系研究[J].水土保持学报,2005,19(1):105-113.

[8] 刘继朝,杨齐青,李永刚,等.华北平原地下水资源空间信息系统的构建.地下水,2005,27(4):296-298.

[9] 魏加华,王光谦,李慈君,等.GIS 在地下水研究中的应用进展[J].水文地质工程地质,2003,2:94-97.

[10] 刘明柱,陈鸿汉.GIS 在区域地下水资源评价中的应用[M].北京:中国地质大学,2000.

(上接第 91 页)

表中列出了 24 a 的历史降雨径流与 2003 年降雨径流的相似性分析结果,1983 年、1968 年和 1996 年的降雨径流与 2003 年具有较大的综合相似性,相反 1966 年、1961 年和 1953 年与 2003 年的降雨径流有较大的不一致性。

4 结 语

通过非平权距离系数法,对历史降雨径流资料和 2003 年资料进行比较,得出 1983 年、1968 年和 1996 年的降雨径流与 2003 年具有较大的综合相似性,相反 1966 年、1961 年和 1953 年与 2003 年的降雨径流有较大的不一致性,结论在一定程度上符合实际情况。本文得出的结果是运用非平权距离系数法的结论,而且随着本文选取的降雨、径流影响因子的不同结论亦不同,本文仅对降雨径流的相似性进行了初探,所得结论还需到现实中去检验。

参考文献:

[1] 丁晶,王文圣.水文相似和尺度分析[J].水电能源科学,2004,(1):1-4.

[2] 常福宣,丁晶,姚健.降雨随历时变化标度性质的探讨[J].长江流域资源与环境,2002,(1):79-83.

[3] 常福宣,丁晶,艾南山,等.嘉陵江流域洪水区域分析[J].长江流域资源与环境,2001,(5):473-480.

[5] 叶守泽,夏军.水文科学研究的世纪回眸与展望[J].水科学进展,2002,(1):93-104.

[6] 常福宣,丁晶,姚健.年最大洪峰区域变化的标度特性[J].四川大学学报(工程科学版),2001,(1):5-8.

[7] 李长兴.论流域水文尺度化和相似性[J].水利学报,1995,(1):277-283.

[8] 章四兵,周美力.系统相似性度量中的非平权距离系数法[J].合肥工业大学学报(自然科学版),2004,(8):903-906.