

Х.К. Нгонголо, С.П. Смышляев

**КЛАССИФИКАЦИЯ КЛИМАТОЛОГИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ
ВОСТОЧНОЙ АФРИКИ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ
О РЕЖИМЕ ОСАДКОВ**

H.K. Ngongolo, S.P. Smyshlyayev

**CLASSIFICATION OF EAST AFRICA CLIMATOLOGICAL
REGIONS BASED ON THE RAINFALL DATA**

Представлены результаты климатической классификации Восточной Африки с использованием многолетних данных месячных сумм осадков. С помощью метода главных компонент территория Восточной Африки подразделяется на 11 однородных районов. Статистические тесты, анализ климатологической информации и топографических особенностей подтвердили реальное существование 11 выделенных групп. Полученная классификация будет полезна для планирования сельскохозяйственной деятельности и оценки потенциала водных ресурсов.

Ключевые слова: осадки, метод главных компонент, Восточная Африка, климатологические зоны, внутритропическая зона конвергенции (ВЗК).

Principal component analysis (PCA) was used to delineate the rainfall network of East Africa into 11 homogeneous groups. Statistical tests, climatological information, topographic features and other data supported the physical reality of the 11 delineated groups. The derived rainfall zones would be useful for East Africa in agricultural planning, the assessment of water resources potential and management of rainfall dependent activities in the region.

Key words: rainfall, principal component analysis (PCA); East Africa; Climatological zones; Intertropical Convergence Zone (ITCZ).

Введение

Одна из целей классификации климата – идентификация пространственных пределов различных типов климата. Хотя другие элементы климата также меняются, однако наиболее изменчивым климатическим элементом во времени и пространстве являются осадки [Ogallo, 1981]. Таким образом, в Восточной Африке схемы классификации климата основываются на анализе данных количества осадков [Griffiths, 1972; Kagenda, 1976; Ogallo, 1981]. Знание пространственной протяженности регионов, которые имеют одинаковые особенности режима осадков, полезно при планировании сельскохозяйственной деятельности и оценке потенциала водных ресурсов. Осадки в Восточной Африке связаны

с циркуляцией синоптического масштаба (ВЗК, муссонная циркуляция) и мезомасштабной циркуляцией, вызванной региональными факторами, такими как наличие больших водоемов и сложного рельефа. Режим осадков региона Восточной Африки является заметно изменяющимся на коротких расстояниях и при этом до сих пор не имеет классификационную схему, основанную на синоптических факторах, которая могла бы использоваться в определении пространственного климатического режима осадков в различных зонах. В ранних исследованиях режима осадков Восточной Африки использовали графическую картографию областей по принципу одинаковых времен начала и конца дождей, сезонно/ежегодного количества осадков и т.д. [Griffiths, 1972]. Графические картографические методы являются длительными и трудоёмкими. В настоящей работе предлагается классификация климата на основе характеристик режима осадков, основанная на методе главных компонент (далее – МГК). Техника МГК широко используется в метеорологии и климатологии для обнаружения характерных особенностей физических явлений, упрощая обработку больших наборов данных.

Область исследования

Регион Восточной Африки, расположенный между 5 °с. ш. – 12 °ю. ш. и 29–42° в.д., имеет сложные топографические особенности: возвышенности Восточной Африки: Килиманджаро с высотой 5895 м над уровнем моря, Кения 5199 м и Элгон 4321 м. У некоторых из этих гор, как Килиманджаро и Кения, постоянно сохраняются ледники на вершинах в течение года, что делает их потенциальными индикаторами региональных или крупномасштабных долгосрочных колебаний климата. Горы являются также водоразделом для некоторых из главных рек региона [Krishnamurti, 1989], формирующих региональный гидрологический цикл. Другой уникальной особенностью региона являются оз. Танганьика, Туркана, Альберта и Виктория. Кроме того, в Западной и Восточной местности находятся возвышенности, которые отклоняются к равнине по направлению к Индийскому океану, а между ними лежит рифтовая долина, ориентирующаяся на север/юг через центральную Кению и Танзанию. Общее количество осадков в Восточной Африке изменяется из года в год сообразно имеющимся большим сезонным колебаниям. Средние годовые значения осадков меняются в пределах от 500 мм в полусухих областях, которые включают северные и восточные части Кении, восточную и центральную Танзанию, до 1200–1600 мм в области оз. Виктория [Nicholson, 1998]. Количество осадков на восточном побережье достигает более 1000 мм, а возвышенностях центральной Кении и южной Танзании, большей части Уганды и западной Танзании – более 800 мм. В годовом ходе осадков в области, включающем Уганду, Кению и северную Танзанию, имеется два максимума: первый – в марте–мае, второй – в октябре–декабре. Для южных, западных и центральных частей Танзании характерен один максимум, который приходится на ноябрь–апрель. Эти режимы

осадков управляются сезонным перемещением внутритропической зоны конвергенции (ВЗК).

Исходные данные и методология

В качестве исходных данных использовались полученные от метеорологических служб Танзании, Уганды и Кении месячные суммы осадков за период с 1960 по 2003 г. по 71 метеостанции, равномерно покрывающих экваториальную Восточную Африку (рис. 1).

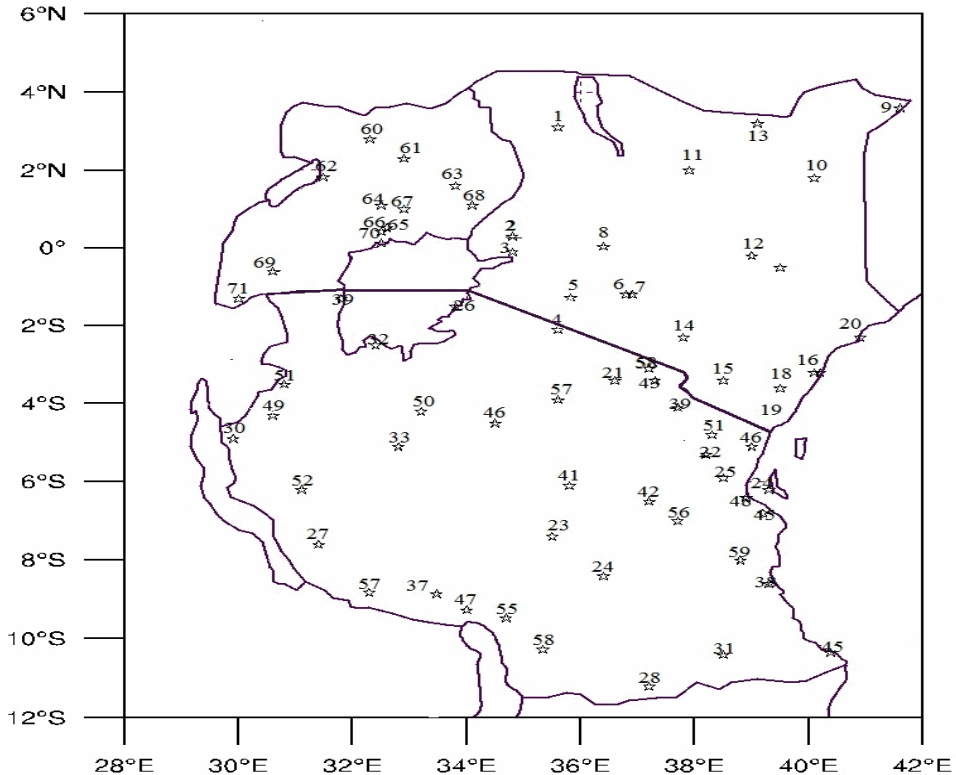


Рис. 1. Географическое расположение метеостанций, используемых для анализа количества осадков

Перед применением МГК к набору данных была применена техника контроля качества данных [Basalirwa, 1991; WMO, 1986], чтобы удалить погрешности, являющиеся результатом ошибки наблюдателя, изменений в участке, оборудовании и т.д. Далее данные были стандартизированы, чтобы у каждого было нулевое среднее и единичная дисперсия, что необходимо для вычисления ковариационной матрицы. На следующем этапе к стандартизованным данным применялась процедура вычисления главных компонент [Peixoto, 1992]. Далее описаны основные этапы использованного для этого МГК.

Рассматривается матрица данных P_{MXN} , каждый элемент которой P_{mn} представляет собой стандартизованное значение количества осадков, где индекс $m = 1, 2, 3 \dots M$ характеризует номер станции, а индекс $n = 1, 2, 3 \dots N$ описывает номер временного слоя.

На первом этапе формируется ковариационная матрица Z_{MXM} :

$$Z = \frac{1}{N} PP^T. \quad (1)$$

На втором этапе для полученной ковариационной матрицы определяются собственные векторы $E = [e_1, e_2 \dots e_M]$ и собственные числа $\lambda = [\lambda_1, \lambda_2 \dots \lambda_M]$ из решения характеристического уравнения

$$(Z - \lambda I) = 0. \quad (2)$$

На третьем этапе вычисляются естественные ортогональные функции C с элементами C_{MN} , являющимися проекцией P_N на λ_M

$$C = EP^T. \quad (3)$$

В результате первоначальные данные об осадках раскладываются на ортогональные пространственные функции (собственные векторы) и временные последовательности коэффициентов разложения или главных компонент (далее - ГК). Собственный вектор, который составляет наибольшую дисперсию, определяемую собственными числами ковариационной матрицы, является наиболее физически значимым. Сторч и Звиерс [Storch, 1999] представили схему математической процедуры, необходимой для определения собственных функций и их временных коэффициентов. МГК способен к извлечению ГК во временном ряде, каждый из которых будет ортогональным к другим. Первая ГК соответствует максимальному собственному числу ковариационной матрицы и описывает наибольшую часть наблюдаемой дисперсии количества осадков. Вторая ГК является ортогональной к первой и объясняет максимальную часть дисперсии из остатка после вычитания части, объясняемой первой ГК.

Последующие ГК находятся по тому же принципу. Существует много примеров применения МГК к метеорологическим исследованиям [Barnett, 1975; Basalirwa, 1991; Morin..., 1979; Nyenzi, 1992; Ogallo, 1981; Richman, 1986; Semassi, 1996; Storch, 1999; Trenbeth, 1974]. В данном исследовании критерий Кайзера [Kaiser, 1959] используется для определения необходимого количества ГК для описания большей части дисперсии количества осадков на станциях Восточной Африки, а также для определения числа значимых факторов, сохранённых при вращении собственных векторов. Вращение имеет эффект перераспределения различий в пределах собственных векторов, и поэтому удаление неточности сохраняет различия, появившиеся в подмножестве собственных векторов до вращение. В табл. 1 показаны собственные числа, дисперсия и суммарные дисперсии перед и после вращение ГК.

Таблица 1

Собственные числа и дисперсии, полученные по МГК в сезон дождей с октября по декабрь и с марта по май: (1) и (2) – перед; (3) и (4) – после вращения, %

Период	Фактор	Собственные числа	Дисперсия (1)	Суммарная дисперсия (2)	Дисперсия (3)	Суммарная дисперсия (4)
С марта по май	1	14,744	20,8	20,8	12,5	12,5
	2	8,661	12,2	33,0	11,2	23,7
	3	6,136	8,6	41,6	9,8	33,5
	4	4,571	6,4	48,0	5,9	39,4
	5	3,914	5,5	53,5	5,6	45,0
	6	3,509	4,9	58,4	8,8	53,8
	7	2,959	4,2	62,6	4,9	58,7
	8	2,545	3,6	66,2	5,6	64,3
	9	2,386	3,4	69,6	4,4	68,7
	10	2,356	3,3	72,9	4,2	72,9
	11	1,894	2,7	75,6	2,7	75,6
	12	1,800	2,5	78,1	2,6	78,2
	13	1,712	2,4	80,5	2,4	80,6
	14	1,639	2,3	82,8	2,3	82,9
	15	1,440	2,1	84,9	2,0	84,9
С октября по декабрь	1	31,151	43,9	43,9	18,4	18,4
	2	5,267	7,4	51,3	18,6	37,0
	3	3,773	5,3	56,6	8,7	45,7
	4	3,536	5,0	61,6	4,0	49,7
	5	3,114	4,4	66,0	5,2	54,9
	6	2,480	3,5	69,5	6,1	61,0
	7	2,339	3,3	72,8	3,2	64,2
	8	2,300	3,2	76,0	6,0	70,2
	9	1,907	2,7	78,7	5,3	75,5
	10	1,730	2,4	81,1	5,5	81,0
	11	1,517	2,1	83,2	2,1	83,1
	12	1,398	2,0	85,2	2,0	85,1
	13	1,235	1,7	86,9	1,7	86,8
	14	1,172	1,6	88,5	1,6	88,4
	15	1,103	1,5	90,0	1,6	90,0

В табл. 2 показана нагрузка по каждой из 71 станции. Значение нагрузки каждой переменной (станции) на каждом из общих факторов является индексом, который используется для определения переменной (станции) в ее группу или тип.

Деление на климатические зоны осуществлялось согласно самой высокой нагрузке на специфическом факторе, в рамках той же самой группы. Чтобы достигнуть простой структуры фактора, когда каждая переменная (станция) может быть однозначно определена в ее реальную группу, необходимо вращать факторы в инвариантной структуре. Однако осадки в Восточной Африке связаны с циркуляциями синоптического масштаба и региональными факторами. Таким образом, некоторая степень неортогональности между режимами осадков соседних местоположений в различных группах ожидаема. Такие общие сходства не учитываются в решениях МГК, поэтому некоторые из полученных решений

МГК могут быть физически нереалистичными. Как уже отмечалось, эта проблема была минимизирована через вращение основных компонентов для уменьшения некоторых неточностей, связанных с начальными решениями МГК [Child, 1970; Harman, 1976; Richman, 1986]. Статистический тест 95 %-ной значимости использовался при определении значения нагрузки любой переменной на доминирующем способе МГК. Наконец, другой метод проверки, включающий использование рельефа и физических процессов, играющих роль в формировании режима осадков Восточной Африки, использовался для определения действительности очерченных образцов осадков МГК.

Таблица 2

Нагрузки варимакс вращения метеостанций каждого из факторов по типу режима осадков

№	Пер- вый режим	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F1 1	Общ- ность значения
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	S009	0,76	0,21	0,09	0,02	0,37	-0,04	0,19	-0,05	0,24	-0,05	0,13	0,8843
2	S010	0,81	0,23	0,22	0,02	-0,04	-0,04	0,38	0,09	0,16	0,06	0,10	0,9527
3	S011	0,77	0,16	0,21	0,06	-0,03	0,26	0,41	0,08	0,12	0,10	0,02	0,9340
4	S012	0,62	0,34	0,18	-0,20	0,03	0,30	0,03	0,40	-0,18	0,12	-0,06	0,8746
5	S013	0,83	0,14	0,18	0,14	0,12	0,21	0,09	0,13	-0,04	-0,09	-0,04	0,8553
6	S014	0,65	0,10	0,24	-0,05	0,03	0,49	-0,03	-0,13	0,12	-0,03	-0,14	0,07863
7	S015	0,72	0,28	-0,01	-0,06	0,05	0,17	0,19	-0,19	0,23	-0,17	0,19	0,8220
Второй режим													
1	S016	-0,07	0,85	0,18	0,11	0,12	0,17	0,12	0,22	0,02	0,09	0,19	0,9226
2	S017	-0,06	0,88	0,14	-0,05	0,02	0,14	0,19	0,12	-0,04	0,05	0,19	0,9108
3	S018	0,01	0,90	0,02	0,06	0,03	-0,14	0,06	-0,13	-0,06	0,14	-0,01	0,8784
4	S019	-0,09	0,87	0,06	0,27	0,11	0,10	-0,07	-0,16	-0,06	0,05	0,01	0,9003
5	S020	-0,07	0,74	0,35	0,03	0,02	-0,07	0,17	0,21	-0,12	-0,07	0,20	0,8135
6	S022	0,47	0,59	0,26	0,21	0,22	0,05	0,07	0,22	0,02	0,08	0,11	0,8038
7	S025	0,03	0,81	-0,17	-0,08	-0,10	0,07	-0,17	-0,19	0,25	-0,08	0,35	0,9636
8	S034	0,32	0,74	0,07	-0,19	0,08	0,15	-0,32	0,11	-0,09	0,24	0,18	0,9325
9	S035	0,33	0,72	0,20	-0,03	0,02	0,09	0,07	0,05	0,03	0,21	-0,50	0,9791
10	S040	0,04	0,82	0,02	0,06	0,06	0,25	-0,11	-0,12	0,14	-0,10	-0,16	0,8258
11	S048	0,31	0,71	0,22	-0,08	0,06	-0,05	0,03	-0,16	0,12	0,28	0,09	0,7885
12	S051	0,20	0,63	0,15	0,03	0,12	0,10	-0,10	-0,01	0,53	0,13	0,09	0,8007
Третий режим													
1	S001	0,48	0,27	0,61	0,25	0,034	-0,16	0,12	0,31	0,23	-0,07	0,09	0,9410
2	S002	0,33	0,04	0,60	-0,23	0,35	-0,02	0,01	0,05	-0,02	-0,12	0,16	0,6893
Четвертый режим													
1	S004	0,28	-0,03	0,36	0,60	-0,05	0,29	0,25	0,09	-0,10	-0,02	0,01	0,7366
2	S005	-0,09	-0,02	0,43	0,72	-0,10	0,22	0,22	0,19	-0,03	0,10	0,14	0,8852
3	S006	0,04	-0,08	0,24	0,83	0,02	0,10	0,13	0,05	0,02	-0,22	0,20	0,8731
4	S007	0,13	-0,05	0,14	0,86	0,10	0,14	-0,14	0,12	0,05	-0,11	0,14	0,8764
5	S008	-0,13	0,01	0,47	0,62	0,16	0,03	-0,08	0,06	-0,07	0,11	-0,42	0,8522

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Пятый режим													
1	S003	0,33	-0,06	0,21	-0,15	0,72	0,39	0,03	0,23	0,09	-0,03	-0,09	0,9405
2	S026	0,16	0,01	-0,19	-0,23	0,77	-0,03	0,27	0,08	-0,10	-0,05	-0,34	0,9159
3	S029	0,41	-0,09	0,12	0,04	0,67	0,01	0,04	-0,10	0,02	0,06	-0,03	0,6577
4	S032	0,46	-0,14	0,13	-0,14	0,63	0,39	0,06	0,04	-0,16	0,15	0,01	0,8701
5	S070	0,07	0,27	-0,04	0,05	0,50	0,28	0,09	0,11	-0,32	-0,01	0,27	0,6059
Шестой режим													
1	S063	0,02	0,16	0,03	0,15	0,11	0,55	-0,22	0,42	0,36	-0,24	0,05	0,7785
2	S064	0,21	0,25	0,07	-0,50	0,13	0,61	0,05	0,03	0,24	0,18	-0,09	0,8520
3	S065	0,14	0,19	0,08	0,01	0,02	0,81	-0,30	0,07	-0,03	0,06	-0,13	0,8350
4	S066	0,45	0,16	0,18	0,06	0,06	0,70	0,25	0,07	0,16	-0,03	-0,05	0,8541
5	S067	0,39	0,25	0,14	0,10	0,10	0,67	0,07	0,19	0,30	0,09	-0,15	0,8647
6	S068	0,44	0,24	0,20	-0,06	-0,14	0,59	0,11	0,21	0,18	0,17	-0,13	0,7969
7	S069	0,19	0,05	0,08	0,22	-0,01	0,77	-0,05	0,16	-0,06	0,05	0,07	0,7255
8	S071	0,01	0,04	0,05	0,07	0,34	0,68	0,02	0,03	-0,18	-0,16	-0,09	0,6545
Седьмой режим													
1	S060	0,12	-0,02	0,34	0,10	0,05	-0,28	0,74	-0,08	-0,06	-0,18	0,27	0,8842
2	S061	0,21	0,17	-0,01	0,17	0,09	0,29	0,63	-0,06	0,43	0,11	0,16	0,8173
3	S062	0,25	-0,23	0,06	0,03	-0,14	0,07	0,64	0,35	-0,13	-0,24	0,02	0,7514
Восьмой режим													
1	S027	-0,14	-0,04	-0,21	0,21	-0,16	0,12	0,08	0,65	-0,18	-0,09	-0,09	0,6229
2	S030	0,02	0,21	0,01	0,06	-0,06	0,08	0,02	0,88	-0,01	0,13	0,11	0,8621
3	S037	0,15	0,16	0,22	0,11	0,06	0,20	-0,33	0,64	-0,19	0,17	0,01	0,7358
4	S044	-0,04	0,34	-0,15	-0,09	-0,12	-0,11	0,03	0,77	0,09	-0,02	0,14	0,7962
5	S047	0,04	0,15	0,25	0,03	0,09	0,16	-0,05	0,77	0,03	0,30	-0,15	0,8300
6	S049	0,03	-0,01	0,05	0,24	0,06	0,09	0,03	0,83	-0,02	0,16	0,25	0,8511
7	S052	-0,05	0,17	0,18	0,31	0,13	0,19	-0,10	0,60	0,19	0,29	-0,08	0,7095
8	S053	0,38	-0,13	0,07	-0,19	0,12	0,25	0,16	0,66	0,30	0,14	0,30	0,9406
9	S055	0,09	0,45	0,08	0,31	-0,03	0,19	0,05	0,70	0,01	0,05	-0,30	0,9352
Девятый режим													
1	S023	0,13	0,14	0,18	0,06	0,03	0,19	0,21	0,01	0,88	0,09	0,12	0,9506
2	S024	0,40	0,29	0,22	-0,04	-0,08	-0,02	-0,05	0,15	0,53	0,26	0,11	0,6865
3	S028	0,37	0,39	-0,25	-0,29	-0,15	0,16	0,17	0,04	0,41	0,35	0,01	0,8049
4	S031	0,23	0,31	0,30	-0,09	-0,32	0,06	0,05	0,20	0,47	0,40	0,09	0,7846
5	S036	0,18	0,36	0,22	-0,03	0,31	-0,04	0,09	-0,14	0,61	0,42	-0,20	0,9252
6	S042	0,47	0,14	0,41	0,07	0,21	-0,08	0,08	-0,09	0,48	0,29	0,39	0,9451
7	S045	0,27	0,30	0,41	-0,12	0,02	0,04	-0,20	-0,12	0,58	0,29	0,07	0,8272
8	S056	0,27	0,19	0,29	-0,02	0,29	0,38	0,10	-0,02	0,62	0,24	0,32	0,9768
9	S058	0,36	0,37	0,07	0,03	0,05	0,15	0,13	-0,13	0,66	0,19	0,26	0,8704
10	S059	0,07	-0,19	0,25	0,02	-0,10	0,17	0,09	0,02	0,58	0,45	-0,07	0,6951

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Десятый режим													
1	S033	0,28	0,18	0,08	0,40	0,10	-0,23	-0,27	0,16	-0,12	0,59	0,39	0,9532
2	S041	0,35	0,27	0,06	0,05	0,20	-0,06	-0,04	0,23	0,25	0,65	0,18	0,8170
3	S046	0,20	0,15	0,16	0,23	0,03	0,09	0,06	-0,08	0,12	0,60	0,25	0,5969
4	S050	-0,11	0,42	0,32	-0,04	0,02	-0,08	-0,04	0,03	0,11	0,69	0,42	0,9664
Одиннадцатый режим													
1	S021	-0,08	0,23	0,07	0,19	-0,05	0,12	0,29	0,15	0,38	0,03	0,71	0,8732
2	S038	0,36	0,39	0,06	0,11	0,14	-0,10	0,02	0,24	0,11	0,09	0,68	0,8676
3	S039	0,07	0,29	0,07	0,13	0,07	0,31	0,05	0,08	0,16	0,12	0,73	0,9736
4	S043	0,33	0,33	0,03	0,08	0,12	0,04	0,20	-0,12	0,09	0,19	0,72	0,8581
5	S054	0,34	0,45	0,05	0,33	0,13	0,04	0,09	0,03	0,07	0,26	0,54	0,8211
6	S057	0,32	0,15	0,02	0,04	0,02	-0,21	0,05	0,18	-0,07	0,02	0,71	0,7157

Анализ результатов

По результатам начальной МГК с 71 станции Восточной Африки исследуемый регион был разделен на 11 однородных зон (рис. 2). Критерий сдерживающих факторов (Кайзера) с собственными значениями $\lambda \geq 1$ дал пятнадцать существенных собственных векторов. В табл. 1 показаны первые 15 главных компонент, которые описывают более 80 % дисперсии исходного поля сезонных сумм осадков, для марта–мая и октября–декабря.

Далее критерий Кайзера использовался при определении числа значимых факторов, сохраненных в МГК варимакс вращении. Результат варимакс вращения показывает, что самая высокая нагрузка переменных (станции) сконцентрирована от фактора первого до одиннадцатого, и все 71 переменные (станции), входящие в группу согласно режиму осадков, показаны в табл. 2. Климатические зоны Восточной Африки маркируются как А, В, С, D, E, F, G, H, I, J и K после последующего использования МГК во всех данных, окончательных результатов от варимакса вращения и сложной пространственной картографии существенных моделей группировок МГК. Пространственные границы этих групп были получены в результате использования топографических особенностей, а также доминирующих образцов потока ветра [Asnani..., 1979]. В целом одиннадцать климатических зон режима осадков Восточной Африки были идентифицированы. В табл. 3 представлены выбранные метеостанции с самой высокой общностью значений в каждой зоне. На рис. 3 и 4 показаны примеры годового хода средних многолетних значений месячных сумм осадков по четырём метеостанциям в зонах А, В, Е и F. В зоне А (рис. 3а) годовое распределение режима осадков показывает, что дожди начинаются в конце октября и продолжаются до начала мая, максимальное количество осадков наблюдается в апреле со средними ежемесячными общими суммами осадков более 320 мм.

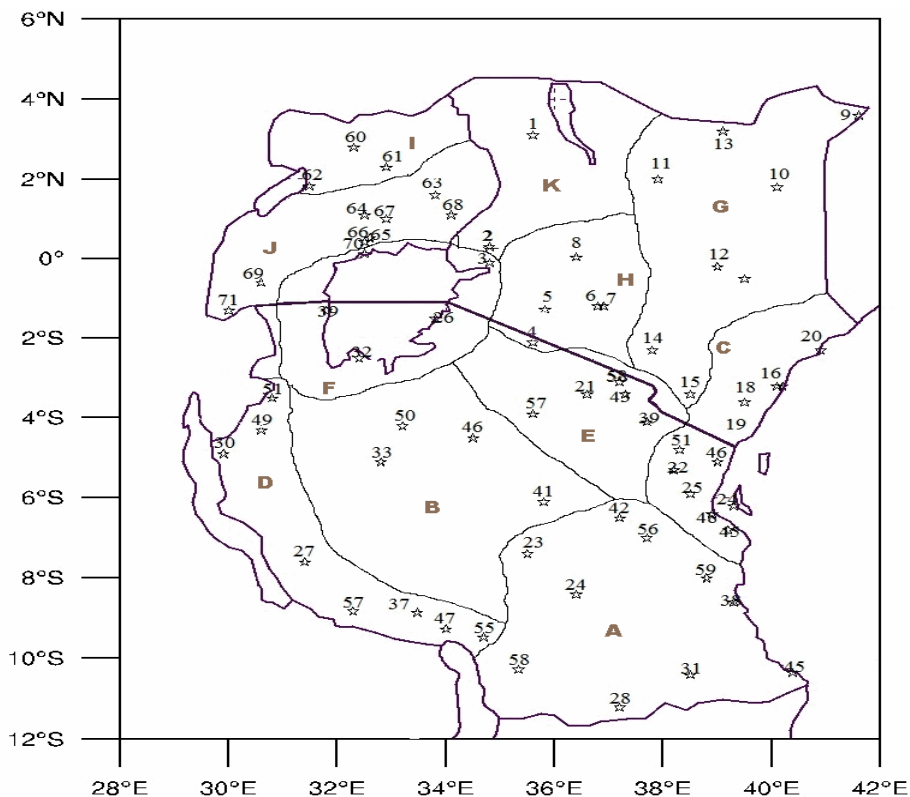


Рис. 2. Климатические однородные зоны Восточной Африки.

А – Южная часть Танзании. В – Центральная часть Танзании. С – Восточное побережье территории Танзании и Кении. Д – Западная часть Танзании. Е – Северная горная местность Танзании. F – Регион вокруг озера Виктория. G – Северо-восточная горная местность и юго-восток Кении. H – Центральные зоны разломов и область Найроби. I – Северная Уганда. J – Восточная, Центральная и Западная Уганда. K – Западная и северо-западная Кения

Таблица 3

Метеостанции с самой высокой общностью значений в каждой зоне

Зона	Метеостанция	Общность значений
A	S056	0,9768
B	S050	0,9664
C	S035	0,9791
D	S053	0,9406
E	S021	0,8732
F	S003	0,9405
G	S010	0,9527
H	S005	0,8852
I	S060	0,8842
J	S067	0,8647
K	S001	0,9410

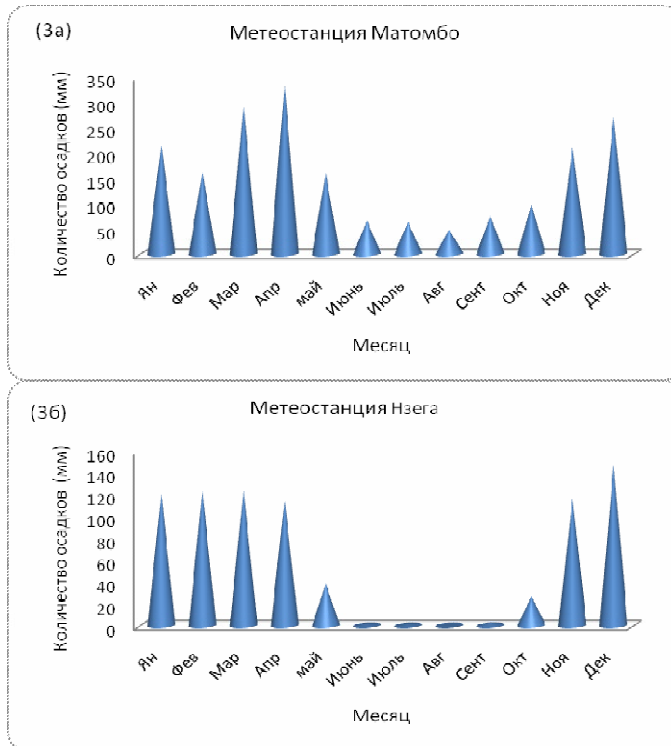


Рис. 3. Годовой ход средних многолетних значений месячных сумм осадков на метеостанции 56 (Матомбо) в зоне А (3а) и метеостанции 50 (Нзэга) в зоне В (3б)

Физические процессы играют значительную роль при формировании осадков, включая приток влажности от бассейна Конго и Индийского океана и движения ВЗК. В зоне В (рис. 3б) годовое распределение режима осадков показывает, что есть один сезон дождей, находящийся между октябрём и маем, соответствующий зонам А, D, I и J. Однако максимальное количество осадков наблюдается в декабре со средними ежемесячными общими суммами осадков менее 150 мм. Это может произойти из-за низкой высоты зоны, зона В лежит на высоте 1000–1500 м над уровнем моря. Следовательно, режим осадков в этой зоне формируется в значительной степени движениями ВЗК.

В зонах Е и F (рис. 4) годовое распределение осадков является бимодальным с дождями, приходящимися на период с марта по май с максимальным количеством осадков в апреле – до 220 мм в зоне Е и 230 мм в зоне F. Второй сезон дождей приходится на период с октября по декабрь с максимальным количеством осадков в ноябре – до 110 мм в зоне Е и более 130 мм в зоне F. Однако в зоне Е осадков меньше, чем в зоне F. Это может происходить за счет регионального влияния оз. Виктория в зоне F, которое значительно повышает влажность, а в зоне Е, несмотря на орографический подъем, количество осадков уменьшается из-за ограниченной влажности на преобладающих восточных вет-

рах, при этом зоны Е и F реагируют и на синоптическое влияние движений ВЗК. Зоны С, G, H и K подобны зонам Е и F.

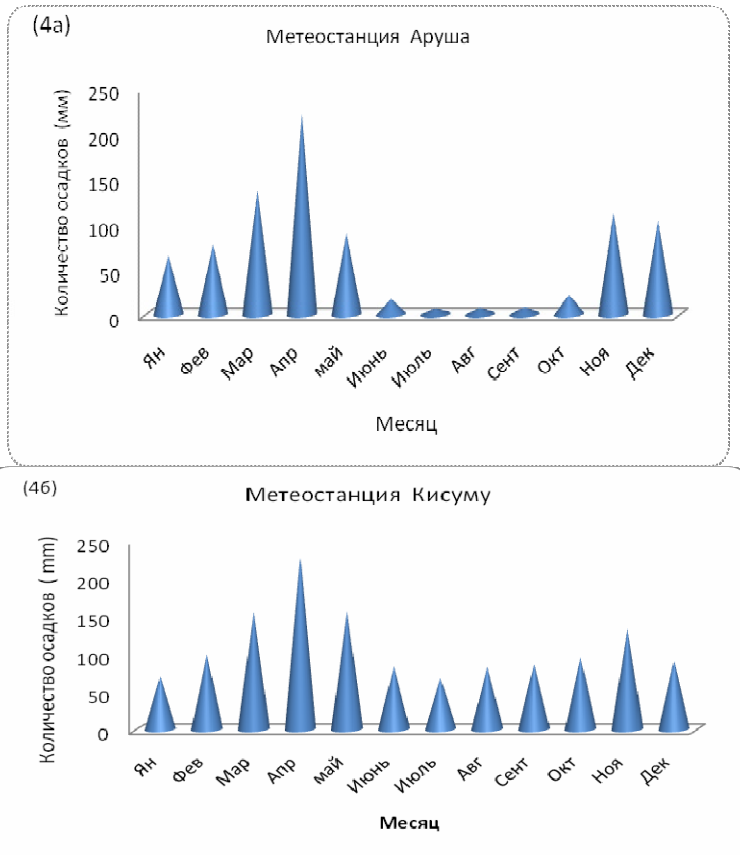


Рис. 4. Годовой ход средних многолетних значений месячных сумм осадков на метеостанции 21 (Аруша) в зоне Е (4а) и метеостанции 3 (Кисуму) в зоне F (4б)

Заклучение

Исходя из результатов климатической классификации территории Восточной Африки по режиму осадков, можно прийти к следующим выводам:

1. Идентификация областей с подобными пространственными и временными особенностями осадков имеет значение в планировании и управлении хозяйственной деятельностью, зависящих от осадков, например, в определении сроков посева сезонных зерновых культур для различных областей; в определении зон риска для прогноза засухи или в предупреждении риска наводнений.

2. Климатические зоны режима осадков могут также использоваться в идентификации подходящих областей для сбора дождевой воды и для строительства водохранилищ.

Литература

- Asnani, G.C., Kinuthia J.K.* Diurnal variations of precipitation in East Africa, Kenya Meteorological Department Research report, 8(79), 1979. – 58 p.
- Barnett, T.P., R.E. Davies.* Eigenvector analysis and prediction of sea surface temperature fluctuation in the northern Pacific Ocean. Proc. WMO/IAMAP Symposium on Long-term Climatic fluctuations, Norwich, England, 1975. 439-450.
- Basalirwa C.P.K.* Raingauge Network Designs for Uganda, Ph.D. Thesis, University of Nairobi, 1991, 1991. – 235 p.
- Child D.* Factor Analysis, Holt, Rinehart and Winston, 1970. – 107 p.
- Griffiths J.F.* Eastern Africa, in *Climates of Africa // World Survey of Climatology*, vol. 10, Elsevier, 1972. – 604 p.
- Harman H.H.* Modern Factor Analysis, University of Chicago Press, 1976. – 487 p.
- Kagenda A.* A factor analytic approach to delimitation of rainfall regions of Uganda E. A. Geogr. Rev., 13, 1975. 9-36.
- Kaiser H.F.* Computer program for varimax rotation in factor analysis, *Educ. Psych. Meas.*, 19, 1959. 413-420.
- Krishnamurti T.N., L.J. Ogallo.* Recent African climate (1979-1984). Dept. of Meteorology, Florida State University, Tallahassee, FL. Report NO. FSU-89-13. 1989,
- Morin, G., Fortin J.P., Sochanska W., Lardeau J.P., Charbonneau R.* Use of principal component analysis to identify homogeneous precipitation stations for optimal interpolation // *Water Resources Research* 15, 1979. 1841.
- Nicholson S.E.* Historical fluctuations of Lake Victoria and other Lakes in the Northern Rift valley of East Africa. J.T. Lehman (ed.), *Environmental Change and Response in East African Lakes*, Kluwer Academic Publishers: Netherlands, 1998, p. 7-35.
- North G.R., T.L. Bell, R.F. Cahalan.* Sampling errors in estimation of empirical orthogonal functions // *A. Meteorol. Soc.* 110, 1982. 699-706.
- Nyenzi B.S.* An analysis of Interannual variability of rainfall over East Africa // *J. African. Met. Soc.*, 1, No. 1, 1992. 57-79.
- Ogallo L.J.* Trend of rainfall in East Africa. Kenya // *J. of Science and Technology (A)*. 2, 1981. 83-90.
- Ogallo L.J.* The spatial and temporal patterns of the East African seasonal rainfall derived from principal component analysis. *Int. // J. Climatol.* 1989. 9, 145-167.
- Overland J.E., R.W. Preisendorfer.* A significance test for principal components applied to a cyclone climatology // *Mon. Wea. Rev.* 110, 1982. 1-4.
- Peixoto J.P., A.H. Oort.* *Physics of Climate*. American Institute of Physics, NY, 1992, pp. 492-496.
- Richman M.B.* 'Rotation of principal components // *J. Climatol.*, 6, 1986. 293-335.
- Semazzi H.F.M., B. Burns, N.H. Lin, J. E. Schemm.* A GCM study of the teleconnections between the continental climate of Africa and global sea-surface temperature anomalies // *J. Climate*, 9, 1996. 2480-2497.
- Storch H.V., F.W. Zwiers.* *Statistical analysis in climate research*. The press Syndicate of the University of Cambridge, Cambridge, UK. 1999. 400 pp.
- Trenberth K.E.* A quasi-biennial standing wave in the southern hemisphere and interrelations with sea surface temperature // *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 101, 1974. 55-74.
- WMO. Guidelines to the Quality Control of Surface Climatological Data, WCP-85, WMO/AD-No. 111, 1986. 56 p.