

УДК 631.2 (575.2) (04)

**ИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ СВЯЗИ ПРОДУКТИВНОСТИ
АГРОЛАНДШАФТОВ С ВОДОБЕСПЕЧЕННОСТЬЮ
ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ В НИЗОВЬЯХ РЕКИ СЫРДАРЬИ**

Ж.С. Мустафаев – докт. техн. наук, профессор
ТарГУ им.М.Х.Дулати,

Э.Т. Сильничева – студентка,

Л.Ж. Мустафаева – соискатель
ТарГУ им. М.Х. Дулати,

К.Ж. Мустафаев – аспирант
НИИ водного хозяйства Республики Казахстан

The analysis results of connection of agronomical landscapes productivity with water supply of irrigated areas of the Syrdarya river are resulted.

Метод информационного анализа основывается на теории информации и имеет ряд преимуществ по сравнению с другими методами исследования сложных систем [1]. Преимущество информационного анализа заключается в том, что он не требует от исходных данных нормального распределения и линейности. Последнее обстоятельство особенно важно, так как зависимость продуктивности сельскохозяйственных культур от удельной водоподачи на орошаемые земли обычно выражается кривой с максимумом. Важно также то обстоятельство, что использование информационного анализа не требует размерности от исходных данных, а оперирует частотами и вероятностями состояний фактора и явления. Это позволяет исследовать связь между качественными признаками системы. В данной задаче это – связь продуктивности сельскохозяйственных земель с удельной водоподачей. Идея априорной неопределенности явления анализируется с учетом упорядочивающего фактора [2].

Для выполнения информационного анализа с учетом исходных данных, полученных в

производственных условиях, урожайность всех сельскохозяйственных культур приведена в относительных величинах, то есть $\bar{V} = V_i / V_{max}$, так как значение удельной водоподачи (O_p) представлено для структурного гектара.

Системный анализ и статистическая обработка данных по урожайности сельскохозяйственных культур по районам Кызылординской области за период 1960–2000 гг. на основе среднеарифметической относительной продуктивности агроландшафтов показывают, что она во многом зависит от агроэкологической, гидрогеологической, гидрогеохимической и почвенно-мелиоративной обстановок в низовьях реки Сырдарья (табл. 1).

Как видно из табл. 1, освоение природной системы с помощью мелиорации сельскохозяйственных земель в низовьях реки Сырдарья оказывает большое влияние, в первую очередь, на характер использования и уровень продуктивности водно-земельных ресурсов.

Увеличение удельной водоемкости продукции сельского хозяйства свидетельствует о снижении водоотдачи и эффективности ис-

Таблица 1

Продуктивность агроландшафта (\bar{Y}) в низовьях реки Сырдарья [2]

Район	Год								
	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000
Жанакорганский	0.40	0.34	0.50	0.34	0.68	0.67	0.60	0.32	0.64
Шилийский	0.39	0.40	0.60	0.40	0.78	0.80	0.67	0.21	0.58
Сырдарьинский	0.20	0.30	0.44	0.48	0.68	0.85	0.68	0.28	0.71
Теренозекский	0.19	0.41	0.60	0.67	0.88	0.82	0.65	0.33	–
Жалагашский	0.37	0.36	0.72	0.53	0.86	0.84	0.62	0.36	0.74
Кармакчинский	0.37	0.35	0.58	0.30	0.92	0.82	0.60	0.44	0.71
Казалинский	0.19	0.33	0.44	0.02	0.85	0.71	0.61	0.25	0.54
Аральский	–	–	–	–	–	–	–	0.11	0.46
Низовья реки	0.31	0.37	0.58	0.43	0.82	0.79	0.63	0.30	0.65

Таблица 2

Интенсивность использования водно-земельных ресурсов в низовьях реки Сырдарья

Период	Орошаемые площади, тыс. га			Удельный водозабор, тыс. м ³ /га		
	F	F/F _n	(F _i – F _{i-1})/T	O _p	O _p /O _p ⁿ	(O _p /O _p ⁿ)/T
1925	16.7	1.00	–	4.0	1.00	–
1930	46.0	2.75	5.86	5.3	1.32	0.26
1935	60.0	3.59	2.80	5.6	1.40	0.06
1940	72.0	4.31	2.40	6.0	1.50	0.08
1945	72.2	4.32	0.04	7.1	1.78	0.22
1950	72.4	4.33	0.04	12.4	3.10	1.06
1955	78.0	4.67	1.12	46.0	11.50	6.72
1960	88.0	5.27	2.00	38.6	9.65	–1.48
1965	102.0	6.10	2.80	36.5	9.13	–0.42
1970	125.0	7.49	4.60	45.1	11.28	1.72
1975	199.0	11.92	14.8	35.1	8.78	–2.00
1980	228.5	13.68	5.90	36.2	9.05	0.22
1985	252.0	15.09	4.70	35.8	8.95	–0.08
1990	233.0	13.95	–3.80	37.2	9.30	0.28
1995	229.8	13.76	–0.64	35.6	8.90	–0.40
2000	216.1	12.94	–2.74	32.8	8.20	–0.07

пользования водных ресурсов в низовьях реки Сырдарья. Подобную тенденцию вряд ли можно признать положительной, учитывая ограниченность водных ресурсов в бассейне данной реки, их дефицит и непрерывно увеличивающиеся затраты на водоотдачу и водопользование на орошаемых землях (табл. 2).

Следовательно, увеличение расходов водных ресурсов в расчете на единицу земельной площади не обеспечивает соответствующей

отдачи в виде дополнительных объемов сельскохозяйственной продукции. Это объясняется преимущественно тем, что в 1985–2000 гг. основным водопотребителем являлось орошаемое земледелие, несмотря на то, что практически отсутствовал рост урожайности сельскохозяйственных культур, в особенности на возделываемых вторичных засоленных землях.

Для характеристики и оценки темпа интенсивности использования природных ресурсов

низовья реки Сырдарья выбраны следующие параметры:

- для использования земельных ресурсов: площадь (F), рост (F/F_н) и темп ((F_i - F_{i-1})/T) использования орошаемых земель;
- для использования водных ресурсов: оросительная норма (O_p), рост (O_p/O_p^н) и темп ((O_p/O_p^н)/T) удельного водозабора.

Если фактор B = \bar{V} или его отдельные состояния несут информацию о явлении A = O_p, то значение состояния фактора устраняет часть или всю неопределенность явления.

Неопределенность, устраняемая состоянием фактора, рассчитывается формулой:

$$I(A/b_k) = H(A) - H(A/b_k), \quad (1)$$

где I(A/b_k) – информация, которую несет состояние фактора b_k о явлении A; H(A/b_k) – неопределенность явления A при состоянии фактора b_k, или так называемые условия неопределенности явления A по состоянию фактора b_k; H(A) – неопределенность явления A.

Величина H(A) рассчитывается по формуле:

$$H(A) = -\sum_i p(a_i) \log_2 p(a_i), \quad (2)$$

где p(a_i) – вероятность отдельных состояний явления A.

Условная неопределенность явления вычисляется по формуле:

$$H(A/b_k) = -\sum_i p(a_i, b_k) \log_2 p(a_i, b_k), \quad (3)$$

где p(a_i, b_k) – условная вероятность состояния явления A при состоянии фактора b_k.

Для определения тесноты связи между фактором и явлением в целом вычисляется информация, которую несет фактор о явлении в целом:

$$T(A, B) = \sum_k p(b_k) \cdot I(A/b_k), \quad (4)$$

где p(b_k) – вероятность отдельных состояний фактора.

Для оценки тесноты связи пользуются следующим коэффициентом [1]:

$$K(B, A) = T(A, B) / H(A). \quad (5)$$

Коэффициент K(B, A), или так называемая эффективность приема информации явлением A от фактора B, имеет явный смысл. Он показывает, насколько знание фактора устраняет неопределенность явления. Если K(B, A) = 0, то связь между фактором и явлением отсутствует. При K(B, A) = 1.0 знание фактора устраняет неопределенность явления – зависимость является функциональной. В большинстве случаев 0 < K(B, A) < 1.0, то есть знание состояний фактора частично устраняет неопределенность явления.

В рассмотрение полезно включить понятия “направления” и “канала связи” [2]. “Каналом связи” называется таблица, в которой представлены условные вероятности явления при отдельных состояниях фактора и априорные вероятности явления (табл. 3).

Для оперативного использования на практике разнообразие лучше всего характеризовать одним показателем, то есть с помощью вероятности отдельных значений относительной урожайности сельскохозяйственных культур во временном ряду (p):

$$p = 1 - H(A) / \log_2 N, \quad (6)$$

где N – число рассматриваемых классов относительной урожайности сельскохозяйственных культур.

Величина p, называемая однородностью относительной урожайности сельскохозяй-

Таблица 3

Расчет информационных мер разнообразия продуктивности сельскохозяйственных культур в условиях Кызылординской области

Область	Колич. районов и годы	V _i /Y _{max}					H(A)	log ₂ N	p	x	
		0.00–0.20	0.21–0.40	0.41–0.60	0.61–0.80	0.81–1.00					
Кызылординская	8/8	Количество районов по классам относительной урожайности									
		5	19	15	17	8	64				
		Вероятность классов относительной урожайности									
		0.08	0.30	0.23	0.26	0.13	1.00				
		- p _i · log ₂ p _i	0.29	0.52	0.49	0.50	0.38	2.18	6.00	0.64	0.36

Таблица 4

Информационный анализ связи относительного урожая сельскохозяйственных культур от удельной водоподачи в условиях Кызылординской области

O_p , тыс. м ³ /га	Y_i/Y_{max}					$N_p(b_k)$	$H(A/b_k)$	$I(A/b_k)$	$\frac{p(b_k)}{x}$ $I(A/b_k)$
	0.00– 0.20	0.21 – 0.40	0.41– 0.60	0.61– 0.80	0.81– 1.00				
20–30	1	6	6	15	8	36			
	0.03	0.17	0.17	0.41	0.22	0.56	2.02	0.16	0.090
	0.15	0.43	0.43	0.53	0.48				
31–40	4	13	3	1	–	21			
	0.19	0.62	0.14	0.05	–	0.33	1.50	0.68	0.224
	0.46	0.42	0.40	0.22					
41–50	–	–	6	1	–	7			
	–	–	0.86	0.14		0.11	0.59	1.59	0.175
			0.19	0.40					
n	5	19	15	17	8	64			
p(a)	0.08	0.30	0.23	0.26	0.13	1.00			
H(A)	0.29	0.52	0.49	0.50	0.38		2.18		
H(A) = 2.18		T(A, B) = 0.489				K(B, A) = 0.224			

ственных культур, обладает следующими свойствами: если $H(A) = 0$, то однородность относительной урожайности максимальная, $p = 1.0$, и нет никакой ее вариации, а если $H(A) = \log_2 N$, то однородность $p = 0$, и разнообразие относительно урожайности максимальное, все значения относительного урожая равновероятны. Величину $x = 1 = p$ можно назвать разнообразием.

Информационный анализ зависимости относительного урожая сельскохозяйственных культур от удельной водоподачи в условиях Кызылординской области приведен в табл. 4.

По данным табл. 4 видно, что удельная водоподача несет существенную информацию об относительной урожайности сельскохозяйственных культур, о чем свидетельствует сравнительно высокий коэффициент приема информации явлением $K(B, A) = 0.224$.

Связь направлена от низкой величины удельной водоподачи к высокой относитель-

ной продуктивности сельскохозяйственных культур. Последнее направление связи наиболее существенно и обеспечено сравнительно высоким значением частной информации $I(A/b_k) = 2.43$ от высоких значений удельной водоподачи. Поскольку высокие значения удельной водоподачи в рассматриваемом периоде (их вероятность $p(b_k) = 0.56$) весомы, имеет место высокий коэффициент эффективности приема информации явлением.

Литература

1. Пузаченко Ю.Г., Мошкин А.В. Информационно-логический анализ в медико-географических исследованиях // Итоги науки: Сер. геогр., мед. – М., 1969. – Вып. 3. – С. 5–73.
2. Тооминг Х.Г. Экологические принципы максимальной продуктивности посевов. – Л.: Гидрометеоздат, 1984 – 264 с.