

## ПРОГНОЗ ОБЛАЧНОГО ПОКРЫТИЯ В ЗАДАННОМ РАЙОНЕ СЪЕМКИ

В.И. Богомья  
(представил д.т.н. С.В. Козелков)

*Предложен анализ средств прогноза облачного покрытия в заданном районе съёмки.*

В настоящее время исследования природных ресурсов и экологии Земли из космоса проводятся во многих странах мира. США, Франция, Россия, Индия имеют свои эксплуатационные системы (Landsat, Spot, Ресурс, IRS). Получение информации поставлено на регулярную основу с учетом преемственности характеристик и калибровки аппаратуры, установленной на различных этапах выполнения этих программ.

Основным источником информации, поступающей с этих искусственных спутников Земли, являются сканирующие оптико-механические и оптико-электронные приборы, работающие в спектральном диапазоне 0.4 – 13мкм с пространственным разрешением от 10м до 1км. Уже появились устройства, позволяющие повысить пространственное разрешение до 1км.

В то же время возможность наблюдения подстилающей поверхности Земли из космоса в оптическом и инфракрасном диапазонах электромагнитного спектра существенно определяется облачностью. Для того, чтобы повысить процент полезной информации, получаемой во время этих съемок, необходимо при их планировании иметь возможность прогнозировать отсутствие или наличие облачного покрова и его характеристик над заданными районами в заданный момент съемки [1].

С развитием дистанционных средств наблюдения Земли из космоса для контроля состояния облачности стали широко использоваться спутниковые снимки. Наиболее подходящими для этих целей являются снимки Земли в видимом и инфракрасном диапазонах спектра, передаваемые метеорологическими геостационарными спутниками Meteosat и среднеорбитальными типа NOAA.

В данной статье описывается возможность прогноза облачного покрытия в заданном районе съемки на основе экспериментальных данных. В качестве входной информации рассматривается информация, полученная с космического аппарата (КА) NOAA, в период с 20 июня по 3 августа 2001 года.

**Создание матрицы прогноза.** Получаемые изображения с КА NOAA

(№ 12,14,15) центрированные по г. Евпатория (33°21' в.д., 45°12' с.ш.) предварительно обрабатывались. Предварительная обработка включала в себя баллистику и юстировку, коррекцию для различных характерных погрешностей спутника, создание отражающей информации и конструкцию бинарных облачно-безоблачных изображений.

Другие возможные источники погрешности, которые могут иметь сильное влияние на анализ изображений метеоспутника, такие как ослабление, фоновый контраст, смещение, лаг датчика, интерференция сигнала в данной работе не рассматриваются.

Учитывая тот факт, что облака являются более яркими (в видимом диапазоне) или более холодными (в инфракрасном), чем подстилающая поверхность, была скомпилирована видимая и инфракрасная отражающая информация [1].

Фоновое отражение представляет безоблачный подсчет яркости в каждом пикселе изображения. Собирая изменения фона в зависимости от угла Солнца и угла места спутника, различный фон был создан для каждого наблюдения и использовался только для части года.

Чтобы создать облачно-безоблачные видимые изображения, каждый пиксель был индивидуально классифицирован как «чистый» или «облачный», посредством сравнения яркости каждого необработанного пикселя видимого изображения к изображению яркости фона в течение того же самого времени. Пиксели, яркость которых отличалась от фона более чем на 9 единиц, были классифицированы как «облачные».

Чтобы создать облачно-безоблачные инфракрасные изображения, каждый пиксель был классифицирован как «облачный», если  $t^\circ$  в нем была на 9-14° К холоднее, чем в фоне.

Следующим шагом является конструирование составных объектов.

Вычисляя частоту встречаемости облачности в каждом пикселе, посредством деления количества облачных дней в каждый час на количество дней с облачной информацией, располагаемыми в том же самом пикселе, мы получим результирующую частоту встречаемости облака в каждом пикселе. А сравнивая каждое изображение, полученное в обычное время, с изображением в прогностическое время получим условную вероятность появления облака.

Полученные частота встречаемости облака и условная вероятность (вероятность стойкости облака) позволяют проведение простого прогноза вероятности облака в каждом пикселе.

Во-первых, сам композит частоты облака может использоваться как инструмент прогноза. Частота встречаемости облака в каждом пикселе в любое заданное время – приемлемая гипотеза для прогноза облачности/безоблачности в том же пикселе. Чтобы представить систематическую вариацию слоя облаков по этому пикселю, необходимо сравнить индивидуальные композиты и проследить изменение в частоте встречаемости облака в размещении.

Во-вторых, можно вычислить вероятность местонахождения облака, прибавляя вероятность стойкости облака к частоте встречаемости облака, и использовать обе вероятности в матрице прогноза, в которой конечная вероятность основана на частоте облака и - или условной вероятности, превышающей заданный предел. Данные по частоте встречаемости облака и условной вероятности приведены в табл. 1 и представляют систематическую вариацию облака по Евпатории. Смешивая частоту встречаемости облака и данные стойкости (табл. 1) в одиночный бинарный показатель, получаем матрицу прогноза облаков (табл. 2).

Таблица 1

Данные по частоте встречаемости облака

Время	Частота облака	Часы прогноза											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
00.00	24	71	50	63	43	38	43	50	57	63	75	75	71
01.00	21	63	50	43	50	59	57	71	63	75	75	88	63
02.00	19	75	63	43	50	43	38	50	50	63	63	88	71
03.00	14	83	60	67	50	50	75	67	84	83	100	83	83
04.00	17	83	71	57	57	80	71	100	100	100	100	100	100
05.00	18	67	67	60	57	67	71	71	100	86	88	71	86
06.00	14	67	67	80	67	100	100	100	100	100	100	100	100
07.00	46	71	83	86	100	100	83	83	100	100	86	100	71
08.00	26	71	86	100	100	67	67	100	100	86	100	71	71
09.00	40	67	80	80	80	70	89	90	70	90	67	40	78
10.00	46	92	92	77	69	92	93	79	86	77	57	67	50
11.00	65	94	94	89	100	100	89	94	67	44	50	33	29
12.00	68	87	83	86	87	83	91	64	43	45	32	30	24
13.00	71	88	84	81	77	79	56	35	46	28	28	30	27
14.00	58	92	88	79	82	55	38	36	22	26	22	19	13
15.00	72	97	83	81	59	43	44	28	30	26	24	21	14
16.00	76	81	80	55	39	41	29	28	26	23	21	14	17
17.00	64	92	67	46	48	35	31	30	26	25	17	17	16
18.00	68	67	50	52	36	31	29	26	25	17	21	20	20
19.00	46	65	78	53	47	53	423	40	27	27	29	19	15
20.00	33	77	46	46	36	33	33	17	25	29	15	20	9
21.00	37	64	57	50	50	50	33	33	36	23	18	27	36
22.00	22	78	63	75	75	50	38	38	38	29	43	44	43
23.00	20	57	82	67	50	50	43	43	33	60	57	50	80

Если условная вероятность  $< 70\%$ , значение = 1 (прогноз для облака), если условная вероятность  $< 70\%$  и  $> 50\%$ , тогда значение = 1 (прогноз для облака), если частота встречаемости облака для прогноза  $> 60\%$ .

Эти специфические пороги были выбраны исходя из критерия сопоставимости среднего количества облаков в табл. 2 (44 %) и средней частоты встречаемости облака в табл. 1 (41 %).

**Выводы.** Самой большой проблемой для точного целевого прогноза является непосредственное знание погоды в районе съёмки. Для удаленных районов полученные таблицы прогнозов могли быть жизнеспособ-

ным заместителем первого синоптического опыта. Синоптик мог бы комбинировать эти статистические вычисления с постоянным и прогностическим состоянием погоды, чтобы оптимизировать прогноз.

Таблица 2

Матрица прогноза облаков

Время	Часы прогноза											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
00.00	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
01.00	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1
02.00	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
03.00	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
04.00	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
05.00	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
06.00	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
07.00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
08.00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
09.00	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
10.00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
11.00	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
12.00	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
13.00	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
14.00	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
15.00	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16.00	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
17.00	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18.00	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20.00	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21.00	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22.00	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
23.00	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Полученные результаты коррелируют с современным научно-методическим аппаратом данной тематики и имеют существенный потенциал для различного моделирования оперативного (до 12 ч) прогноза. В целом полученная точность прогноза с учетом особенностей принятых способов прогнозирования может быть признана удовлетворительной. Для уточнения оценок достоверности прогноза требуется продолжение экспериментальных исследований.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Приходько М.Г. *Справочник инженера-синоптика*. М.: Метеорология, 1986. – 324 с.
2. Timothy I. *Forecasting Applications of High-Resolution Satellite Cloud Composite Climatologies // Weather and Forecasting*. – 1998. – V.13. – P.16 - 23.

Поступила 16.05.2002

**БОГОМЬЯ Владимир Иванович**, начальник отдела обработки информации ЦУП. В 1987 году окончил РВВКИУ. Область научных интересов – радиотехника.

---