

АСТРООПТИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА В УСЛОВИЯХ ОБЛАЧНОСТИ

© 2010 г. А. Б. Бельский, канд. техн. наук; С. Е. Здор, канд. техн. наук;
В. И. Колинко, канд. техн. наук; Н. Г. Яцкевич

ОАО “Красногорский завод им. С.А. Зверева”, г. Красногорск, Московская обл.

E-mail: kolinko@zenit-kmz.ru

Рассмотрена проблема наблюдения космических объектов астрооптическими средствами через просветы в облаках. Описаны основные влияющие факторы. Предложена методика планирования работы наземных астрооптических систем при наличии частичной облачности.

Ключевые слова: астрооптическая система, прогнозирование облачности, наблюдение через просветы в облаках.

Коды OCIS: 350.1260.

Поступила в редакцию 30.03.2010.

Введение

Мониторинг космического пространства, обеспечивающий получение оперативной и достоверной информации о космической обстановке в околоземном пространстве, как правило, базируется на применении активных и пассивных средств, работающих в различных диапазонах спектра. Наиболее эффективными показали себя пассивные оптические средства видимого диапазона. К ним относятся оптико-электронные станции, высокоточные астрономические установки, оптические телескопы. В совокупности эти средства получили название астрооптических. Как правило, средства включают в себя оптические системы, высокочувствительные приемники излучения, монтажки с приводами и датчиками положения осей, аппаратуру управления и обработки получаемой информации, развитое и гибкое программно-алгоритмическое обеспечение. Типичными представителями астрооптических средств (АОС) являются оптико-электронные станции, входящие в состав российского комплекса “Окно”, дислоцированного в районе города Нурек на горе Санглок (республика Таджикистан) [1]. Обладая целым рядом несомненных достоинств, АОС имеют и весьма уязвимое свойство. Все они являются заложниками погодных условий.

Принципы автоматического астрооптического мониторинга

Основным источником информации, отражающим текущее состояние космического пространства, является Главный каталог космических объектов (КО). Именно из каталога черпается информация о всех событиях и явлениях в околоземном космосе. Каталог ведется Центром мониторинга и непрерывно обновляется. Потребность в обновлении связана с тем, что на движущиеся в космическом пространстве объекты постоянно воздействует целый набор плохо прогнозируемых природных и техногенных факторов, начиная от вспышек на Солнце и кончая столкновениями на орбитах. Из-за этих факторов по истечении времени многие объекты оказываются не там, где указывает каталог. Именно обновление, заключающееся в периодическом уточнении информации о конкретных КО, обеспечивает устойчивое ведение Главного каталога и не позволяет ему “разваливаться”. Второй важной функцией мониторинга является регулярное пополнение каталога, которое сводится к поиску и своевременному обнаружению всех некаталогизированных объектов (вновь запущенных, ранее потерянных, разделившихся на орбите и др.). В функции мониторинга также входит отсле-

живание маневров КО и установление фактов схода с орбиты.

Непосредственно сам процесс астрооптического мониторинга заключается в том, что Центр в соответствии со складывающейся обстановкой и состоянием Главного каталога формирует задания конкретным средствам на предстоящий сеанс работы. В заданиях содержатся целеуказания для каталогизированных объектов с их ранжированием по важности и приоритетности, задания по локальному поиску с указанием зон, которые должны быть проконтролированы, задания по автономному поиску с указанием тех классов КО, в которых заинтересован Центр. Задания поступают на средство за несколько часов до начала сеанса. Заданные к наблюдению и поиску объекты могут быть “выстроены в очередь” в самых разных вариантах. На средстве эти варианты автоматически просчитываются. При расчетах принимаются во внимание пропускная способность каналов средства, приоритетность наблюдаемых объектов, время присутствия объектов в зоне действия, условия их видимости, изменяющиеся в течение сеанса (фазовые углы, зенитные углы, положение тени Земли, сумеречные, лунные и звездные фоны). В результате составляется оптимальный сквозной план работы средства на весь сеанс, максимизирующий количество объектов, обслуженных по целеуказаниям, а также количество вновь обнаруженных объектов.

Если в какие-то моменты в течение сеанса поступают новые указания по наблюдению объектов либо происходят изменения в аппаратуре каналов, в частности отказы, то автоматически проводится перепланирование всей последующей работы до конца сеанса таким образом, чтобы конечный результат мониторинга был все же наилучшим из возможных.

Еще раз подчеркнем, что в современных АОС мониторинга, в частности в комплексе “Окно”, как планирование, так и реализация плана выполняются в полностью автоматическом режиме, т. е. от начала вечерних сумерек и до окон-

чания утренних сумерек участие операторов в работе средств исключается. Эти принципы хорошо работают в те ночи, которые принято называть “ясными”.

Астрооптический мониторинг и облачность

Наличие облачности резко усложняет задачу мониторинга. Небо из состояния “ясно” переходит в состояния “полуясно” или “пасмурно”, причем это случается довольно часто. Количество ясных, полужасных и пасмурных ночей представлено в таблице для различных пунктов дислокации АОС [2–4]. Из таблицы видно, что независимо от пункта наблюдения работа АОС в условиях частичной облачности является скорее правилом, чем исключением.

Однако на ночи, которые считаются “полуясными”, существующие принципы автоматического мониторинга не распространяются. Эффективность мониторинга здесь снижается, так как становится полностью зависимой от оператора, его опыта, навыков и личностных качеств. Поэтому существует задача по переводу астрооптического мониторинга в условиях полужасных ночей на автоматический режим.

Непосредственно само автоматическое прогнозирование условий наблюдения, планирование и перепланирование работы в полужасные ночи могло бы заключаться в следующем.

1. Весь рабочий сеанс разбивается на n временных интервалов (дискрет) длительностью Δt , начиная от Δt_1 и кончая Δt_n . Длительность интервалов может быть переменной. Предполагается, что перед началом сеанса имеется временной интервал длительностью Δt_0 , достаточный для прогноза облачности и планирования наблюдений КО в полном объеме для всех последующих временных интервалов, начиная с интервала Δt_1 и до конца сеанса.

2. К моменту начала дискрета Δt_0 на средство поступают задания по наблюдению КО по целеуказаниям и задания на выполнение локального

Характеристики астроклимата в пунктах наблюдения (количество ночей)

Состояние ночей	Пункты					
	Пулково	Москва	Крым (Украина)	Бюракан (Армения)	Благовещенск	Санглок (Таджикистан)
Ясные	32	38	73	83	93	128
Полужасные	156	162	199	161	195	138
Пасмурные	177	165	93	121	77	99

и автономного поиска. В самом АОС имеется информация о составе и характеристиках его каналов на момент начала сеанса, а также астрономическая информация, позволяющая рассчитывать условия оптической видимости на весь сеанс работы. Задания на выполнение наблюдений КО и информация о составе и характеристиках средств наблюдения могут уточняться в процессе сеанса в случайные моменты времени.

3. На средство регулярно, через определенные периоды поступает и уточняется внешняя метеорологическая информация (например, данные Гидрометеослужбы и Интернета). Кроме этого, в АОС имеется текущая информация от собственной системы измерения метеопараметров и собственного датчика облачности. Частота поступления собственной метеоинформации должна быть не реже назначенных временных дискрет Δt .

4. Выполняется прогнозирование “классической” облачности, т. е. той облачности, с которой имеет дело метеорология. Для прогноза используется вся информация, поступившая на средство до начала дискрета Δt_0 . За время этого дискрета прогнозируется количество “классической” облачности для каждого из временных интервалов $\Delta t_1, \Delta t_2, \Delta t_3, \dots, \Delta t_{n-1}, \Delta t_n$. Очевидно, что чем более отдален интервал, тем ниже достоверность прогноза. По истечении интервала Δt_0 начинается новый цикл прогноза с учетом информации, имевшейся на начало дискрета Δt_1 . Далее прогноз выполняется для каждого из временных интервалов $\Delta t_2, \Delta t_3, \dots, \Delta t_{n-1}, \Delta t_n$. Такое уточнение “классической” облачности продолжается до интервала Δt_{n-1} , в течение которого прогноз выполняется только для одного интервала Δt_n .

5. Выполняется прогнозирование просветов в облаках. Формально процедура выполняется точно так же, как описано в п. 4, но используется принципиально другая исходная информация и задействуются принципиально другие алгоритмы прогноза. Ясно, что и глубина прогноза будет существенно меньше.

6. Непосредственно само планирование работы и последующее перепланирование, обеспечивающее максимальное количество обслуженных и вновь обнаруженных объектов за сеанс, целесообразно проводить по методике, изложенной в [5]. Методика предполагает, что в течение интервала Δt_0 с учетом всей имеющейся информации, в том числе и информации об облачности, спрогнозированной до конца сеанса,

формируется план работы АОС на все временные интервалы $\Delta t_1, \Delta t_2, \Delta t_3, \dots, \Delta t_{n-1}, \Delta t_n$. В момент t_0 АОС начинает работу по этому плану. В момент t_0 также начинается новое планирование, а вернее, перепланирование на временные интервалы $\Delta t_2, \Delta t_3, \dots, \Delta t_{n-1}, \Delta t_n$ с учетом всей имеющейся информации на момент t_1 . Такое перепланирование продолжается до интервала Δt_{n-1} , в течение которого план уточняется только для одного интервала Δt_n . Отметим, что при уточнении плана на последующие временные интервалы учитываются результаты работы АОС во все предыдущие интервалы.

Заключение

Автоматизация процедур прогнозирования и планирования работы АОС в условиях частичной облачности позволяет расширить временной диапазон работы астрооптических средств и повысить их пропускную способность. Для этого необходимо установить новую классификацию облачности, позволяющую выполнять пространственно-временную привязку облачных просветов и учитывать их динамику. Потребуются также современные устройства регистрации облачности и специальное программно-алгоритмическое обеспечение, выполняющее анализ текущей облачности и прогнозирующее ее развитие на период, равный продолжительности сеанса наблюдения. Указанные устройства и специальное математическое обеспечение должны обеспечивать пространственно-временное описание облачности и соответствующий прогноз ее развития на новом уровне. Сегодня в традиционной гидрометеорологии подобная регистрирующая аппаратура и прогнозирующие программы отсутствуют.

Принципиально меняется и сама процедура сквозного планирования работы астрооптических средств в автоматическом режиме. Если при состоянии неба “ясно” необходимость в перепланировании возникала только при поступлении новых целеуказаний либо при отказах аппаратуры, то при состоянии неба “полужасно” автоматическое перепланирование работы должно вестись практически непрерывно с учетом всей текущей и прогнозируемой информации и с “перенацеливанием” при каждом перепланировании всей последующей работы на оптимальный конечный результат. Изложенные в данной работе общие методические рекомендации указывают на реализуемость этой задачи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бельский А.Б., Здор С.Е., Колинко В.И., Яцкевич Н.Г. Новый подход к разработкам оптико-электронных средств мониторинга околоземного космического пространства // Оптический журнал. 2009. № 8. С. 22–28.
 2. Новикова Г.В. О метеорологических параметрах астроклимата // Атмосферная оптика / Под ред. Н.Б. Дивари. М.: Наука, 1970. С. 10–16.
 3. Здор С.Е., Колинко В.И. О контроле космического пространства оптическими средствами при наличии частичной облачности // Вопросы радиоэлектроники. Сер. Радиолокационная техника. 2007. В. 2. С. 47–54.
 4. Щеглов П.В. Проблемы оптической астрономии. М.: Наука, 1980. 272 с.
 5. Zdor S.E., Kolinko V.I. Planning Optical Search of Celestial Bodies in Near-Earth Space // Proc. of fifth US/Russian space surveillance workshop. St.-Petersburg, September 24–27, 2003. P. 286–293.
-