

Книжка
СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ
4-го Международного радиоэлектронного форума
«Прикладная радиоэлектроника.
Состояние и перспективы развития»
(МРФ'2011)

В трех томах

PROCEEDINGS
of 4th International Radio Electronic Forum
(IREF'2011)
In three volumes

Том I

КОНФЕРЕНЦИЯ
«ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ
СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ»
Часть 1

Volume I

CONFERENCE
«INTEGRATED INFORMATION RADIO ELECTRONIC SYSTEMS
AND TECHNOLOGIES»
Part 1

18–21 октября 2011 г.
Харьков, Украина

October 18–21, 2011
Kharkov, Ukraine

Харьков
2011

УДК 621.37/39

4-й Международный радиоэлектронный форум «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития» МРФ-2011. Сборник научных трудов: материалы форума в 3-х томах. Том. I. Конференция «Интегрированные информационные радиоэлектронные системы и технологии». Ч. 1. – Харьков: АНПРЭ, ХНУРЭ, 2011. – 404 с.

В сборник включены научные доклады участников конференции «Интегрированные информационные радиоэлектронные системы и технологии» (ИИРЭСТ) 4-го Международного радиоэлектронного форума «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития» МРФ-2011.

Издание подготовлено инновационно-маркетинговым отделом
Харьковского национального университета радиоэлектроники
и редакцией журнала «Прикладная радиоэлектроника»

61166, Украина, Харьков, просп. Ленина, 14.

Тел.: (057) 7021-397, 7021-515, 7021-735

Факс: (057) 7021-113

E-mail: innov@kture.kharkov.ua

akad@kture.kharkov.ua

© Академия наук прикладной
радиоэлектроники,
2011

© Харьковский национальный
университет радиоэлектроники,
2011

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ОБНАРУЖЕНИЕ МАЛЫХ ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ COLITEC (CLT)

Саваневич В. Е., Ткачев В. Н., Брюховещкий А. Б., Кожухов А. М.,
Власенко В. П., Диков Е. Н.

Харьковский Национальный Университет радиозлектроники
просп. Ленина-14, 61166, г. Харьков, Украина.

E-mail: domsvl@rambler.ru; тел. тел. (057)-702-55-92

The short description of computational methods for the series of CCD-frames processing used in the automated asteroids detection software system CoLiTec (CLT), developed by the authors is represented. The results of software application for the detection of Solar System's small bodies are shown.

Введение. Современные системы поиска астероидов формируют за ночь снимки настолько значительных участков неба, что человек бликованием не может их качественно просмотреть за требуемый отрезок времени. Особенно серьезные трудности в обработке полученных кадров возникают в случае использования светосильных широкопольных астрографов, в поле зрения которых может находиться одновременно несколько десятков астероидов со слабым видимым блеском. Одним из решений этой проблемы является внедрение автоматизированного обнаружения астероидов с последующей визуальной проверкой полученных результатов. На момент начала исследований, представленных в статье, в Украине и в других странах СНГ не было ни одной действующей программы автоматизированного обнаружения астероидов и комет. Это обстоятельство приводило к весьма низкой эффективности наблюдений малых тел Солнечной системы в обсерваториях этих стран. Поэтому можно считать актуальной задачу разработки программного комплекса обработки данных для автоматизированного обнаружения астероидов на серии ПЗС-кадров.

Целью работы являлась разработка вычислительных методов внутрикадровой и межкадровой обработки ПЗС-кадров для автоматизированного обнаружения астероидов и комет, а также создание соответствующего программного комплекса.

Краткое описание вычислительных методов внутрикадровой и межкадровой обработки ПЗС-кадров, используемых в программном комплексе CoLiTec. Функциональная схема программы представлена на Рис. 1. Входными данными программы являются серия ПЗС-кадров с изображением участка небесной сферы, а также звездный каталог. В модуле внутрикадровой обработки (Рис. 2) производится учет дефектных («битых» и «горячих») пикселей ПЗС-матрицы; разбиение кадров на подсерии с определением базового кадра; сложение кадров подсерий с накоплением сигнала от движущегося объекта с получением суперкадров на основе «площадного подхода» (Рис. 3) и применения цифрового сглаживающего фильтра; предварительная селекция сигналов от небесных объектов на суперкадрах, основанная на сравнении с порогом значений пространственной свертки между принятым излучением, в окрестности пика изображения, и формой ожидаемого сигнала.

Затем, в модуле внутрикадровой обработки производится оценка координат и амплитуд сигналов на суперкадрах (формирование отметок) на основе математического аппарата группированных выборок с использованием модели координат падения шумовых фотонов в виде плоской подложки; объединение суперкадров одной подсерии, полученных для разных гипотетических скоростей видимого движения объектов; оценка экваториальных координат объектов методом астрометрической редукции с использованием равномерного выбора опорных звезд и проведением многопроходовой МНК-оценки с отбраковкой аномальных наблюдений на проходах. При этом при формировании матрицы весов ошибок измерений обобщенного МНК учитывается зависимость значения ошибок оценки экваториальных координат от значения видимого блеска объектов и их координат в системе координат (СК) ПЗС-кадра. Полученные данные представляются в виде совокупности отметок. Отметки содержат оценки амплитуд и экваториальные координаты предпола-

ваемых небесных объектов, а также оценки координат данных объектов в СК ПЗС-матрицы базового кадра.

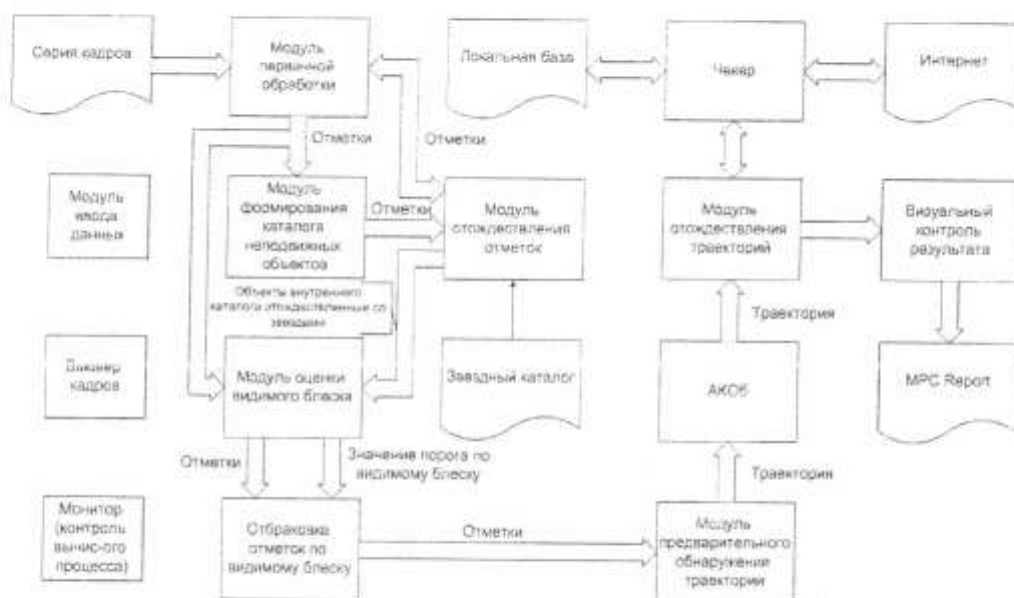


Рис. 1 Функциональная схема программы CoLiTec
Первичная (внутрикадровая) обработка при обнаружении астероидов со слабым блеском при проведении СКДО

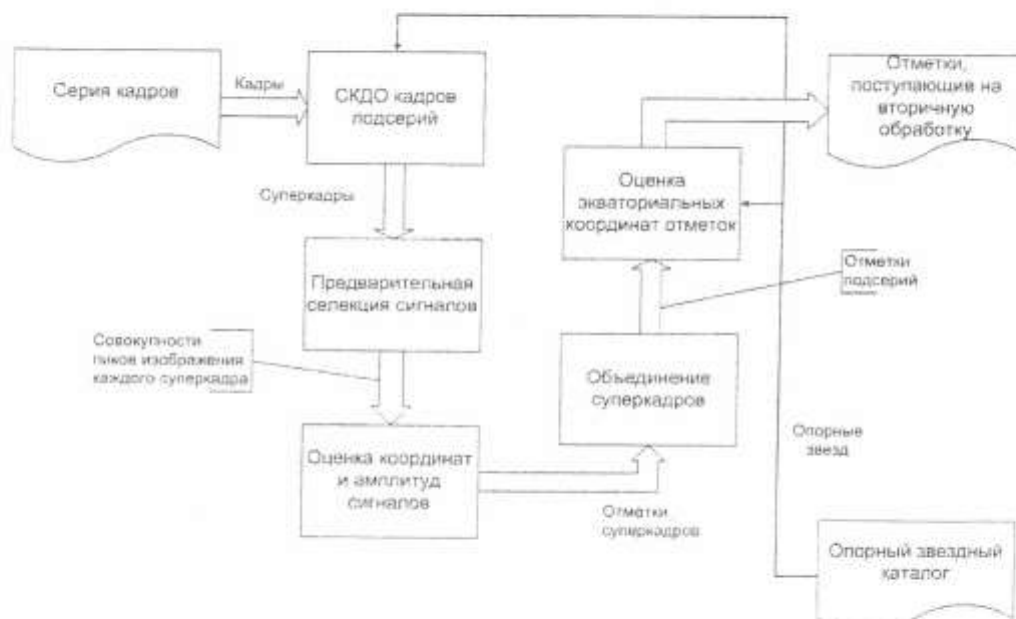


Рис.2 Модуль внутрикадровой обработки программы CoLiTec

В модуле формирования внутреннего каталога неподвижных объектов (внутренний каталог) отображаются объекты, неподвижные на серии кадров (Рис. 4).

Отметки от неподвижных объектов отождествляются с объектами звездного каталога в модуле отождествления решением венгерским методом задачи о назначениях на

двудольном графе, одна доля которого представляет отметки кадра, а вторая – объекты звездного каталога.



Рис. 3 «Площадной» подход при формировании суперкадров

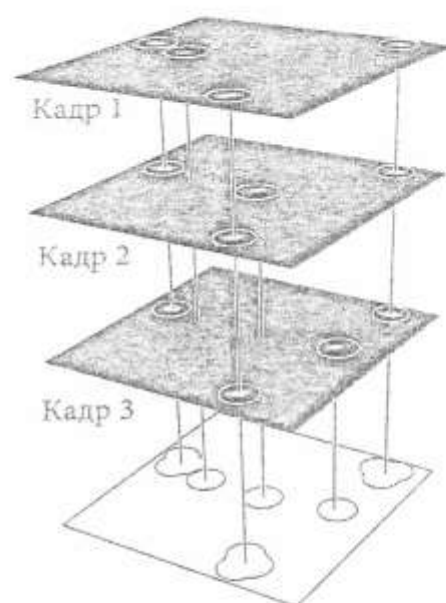


Рис. 4 Формирование каталога неподвижных объектов

В модуле оценки видимого блеска объектов производится МНК-оценка коэффициентов двудиаметной кусочно-линейной модели зависимости значения видимого блеска астероида от амплитуды его сигнала по совокупности объектов внутреннего каталога, отождествленных со звездами; оценка видимого блеска объектов; формирование порога отбраковки по видимому блеску. Введение данной модели связано с тем, что использование линейной однодиапазонной модели фотометрического пересчета для большого диапазона значений амплитуд, приводит к снижению точности оценки видимого блеска в области малых амплитуд, характерной сигналам от астероидов, а применение квадратичной однодиапазонной модели фотометрического пересчета не приводит к повышению точности. В модуле отбраковки по видимому блеску оставляются только те отметки, оценка видимого блеска которых не превышает значение указанного порога.

В модуле предварительного обнаружения траекторий обнаруживаются траектории на основе накопления статистик, пропорциональных энергии сигналов, вдоль возможных траекторий движения объекта. Данное накопление сигналов реализуется за счет использования многозначного преобразования координат объектов (Рис. 5), допускающего многоэтапную реализацию (Рис. 6). Многозначное преобразование позволяет накопить сигналы вдоль всех возможных траекторий движения небесных тел. В качестве энергетической статистики используется оценка видимого блеска объекта практически инвариантная к изменениям условий наблюдения в ходе формирования серии ПЗС-кадров. В результате работы модуля формируются совокупности отметок, принадлежащие одному объекту с ненулевым видимым движением. При этом используются только отметки, не отбракованные по оценке видимого блеска.

В модуле амплитудно-координатного обнаружения производится МНК-оценка параметров обнаруженных траекторий, а также принятие решения о наличии траекторий, сформированных астероидами. Решающее правило (РП) обнаружения астероида на каждом кадре выбирает «лучшую» отметку для продолжения траектории. «Лучшая» отметка должна иметь не очень большие отклонения (кинематическая составляющая) от траекто-

рии астероида, и значение амплитуды «лучшей» отметки (оценка видимого блеска объекта, соответствующего отметке) должно не очень сильно отличаться от амплитуды других отметок, принадлежащих данной траектории (амплитудная составляющая). Применение в РП подобной амплитудной составляющей связано с большим разбросом амплитуд сигналов от астероидов при резких изменениях условий наблюдения за время наблюдений.

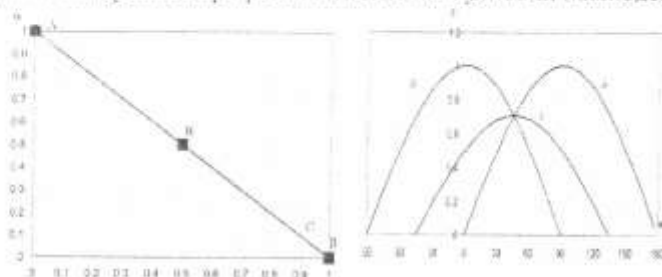


Рис. 5 Многозначное преобразование координат

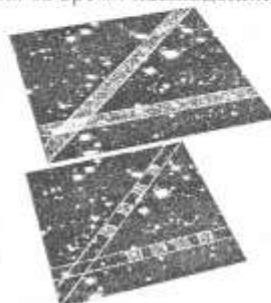


Рис. 6 Многоэтапность

В модуле отождествления траекторий отождествляются траектории, сформированные астероидами, с траекториями известных астероидов. Данные об известных астероидах получают из базы параметров орбит астероидов или с сервера Центра Малых планет (Minor Planet Center, MPC) при помощи модуля чекера.

В модуле визуального контроля результата наблюдателю предоставляется возможность окончательного принятия решения о принадлежности траектории астероиду методом бликования участка неба. Данные об обнаруженных астероидах преобразуются в отчет о наблюдениях в формате, принятом в MPC (MPC-report). Полученный отчет с измерениями отправляется наблюдателем на сервер MPC в виде электронной почты.

Результаты работы CoLiTec. Проверка работоспособности программы проводилась на базе Андрушевской астрономической обсерватории (ААО) и российской дистанционно управляемой обсерватории ISON-NM. В ходе эксперимента с мая 2010 по август 2011 года в ААО было открыто 52 новых астероида, в том числе первое открытие астероида в автоматизированном режиме в СНГ. Применение программы в обсерватории ISON-NM значительно увеличило количество обнаруживаемых астероидов, при этом в период с декабря 2010 по август 2011 года было открыто 426 новых астероида. Также за этот период было открыто две кометы. 10 декабря 2010 года с использованием программы была открыта комета C/2010 X1 (Elenin), ставшая первой кометой, открытой российским астрономом с 1990 года. 7 июля была открыта комета P/2011 NO1, ставшая второй кометой, открытой данной обсерваторией и второй кометой, открытой в СНГ.

Выводы. Разработанные вычислительные методы анутрикадровой и межкадровой обработки ПЗС-кадров для автоматизированного обнаружения астероидов и комет реализованы в программном комплексе CoLiTec. Комплекс был успешно использован при автоматизированном открытии около 500 астероидов и комет (первое в СНГ открытие астероида в автоматизированном режиме, первое открытие кометы российским астрономом за новейшую историю России). CoLiTec может быть использована и в других астрономических обсерваториях Украины и мира, занимающихся наблюдениями малых тел Солнечной Системы.

Рябуха В.П., Рачков Д.С., Семенья А.В. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ИНТЕРВАЛА ФИКСАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ВЕСОВОГО ВЕКТОРА ПРИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ОБРАБОТКЕ СИГНАЛОВ НА ФОНЕ КОМБИНИРОВАННЫХ ПОМЕХ.....	154
Штрунова Е.С. ПОВЫШЕНИЕ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ АЛГОРИТМОВ ФОРМИРОВАНИЯ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ РЛС ПРИ ДЕЙСТВИИ АКТИВНЫХ ШУМОВЫХ ПОМЕХ.....	158
Олейников В.Н., Евсеев Д.Б., Юдин С.В., Горячий Д.А., Литвин-Попович А.И. АНАЛИЗ ГОДОВОГО ЦИКЛА РАДИОЛОКАЦИОННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ТЕРМИКОВ В НИЖНЕМ СЛОЕ ТРОПОСФЕРЫ.....	160
Заболотный С.В., Салыпа С.В., Чепиного А.В. СИНТЕЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКИХ АДАПТИВНЫХ ОБНАРУЖИТЕЛЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ТИПА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТОХАСТИЧЕСКИХ ПОЛИНОМОВ КУНЧЕНКО.....	164
Седышев С.Ю., Гусев Р.А., Калютник В.С. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБНАРУЖЕНИЯ УСТРОЙСТВ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ С УЧЕТОМ ПЛОТНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИХ АДАПТИВНЫХ ПОРОГОВ В ЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ.....	168
Луценко В.И., Луценко И. В., Буян М.И., Бабаков М.Ф., Зарицкий В.И. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ ВЕЩАТЕЛЬНЫХ СТАНЦИЙ КВ ДИАПАЗОНА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ ОБЪЕКТОВ.....	172
Могилу А.А. ХАРАКТЕРИСТИКИ КОГЕРЕНТНОГО ОБНАРУЖЕНИЯ СТОХАСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ В УСЛОВИЯХ ПОЛНОЙ АПРИОРНОЙ ИНФОРМАЦИИ.....	176
Пархоменко Н.Г., Донец И.В., Шевченко В.Н. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОВМЕСТНОГО ОБНАРУЖЕНИЯ И ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ НЕСКОЛЬКИХ ЦЕЛЕЙ В РАДИОЛОКАТОРАХ С ПОСТОРОННИМ ПОДСВЕТОМ.....	180
Кобзев А.В., Бзот В.Б. ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУРЫ ОБНАРУЖЕНИЯ СИГНАЛОВ С НЕИЗВЕСТНЫМИ ВИДАМИ И ПАРАМЕТРАМИ МОДУЛЯЦИИ ПРИ ПРОСТРАНСТВЕННО РАЗНЕСЕННОМ ПРИЕМЕ.....	184
Саваневич В.Е., Ткачев В.Н., Брюховешский А.Б., Кожухов А.М., Власенко В.П., Диков Е.Н. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ОБНАРУЖЕНИЕ МАЛЫХ ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ SOLITES (SLT).....	188
Певцов Г.В., Яцуценко А.Я., Трофименко Ю.В., Карлов Д.В., Остапова А.М., Клімішен О.О. ОСНОВИ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ТЕОРІЇ ВІЯВЛЕННЯ-ОЦІНЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РАДІОСИГНАЛІВ.....	192
Багдасарян С.Т., Васильев В.А., Хачатуров В.Р. ВЛИНИЕ ИОНОСФЕРНЫХ ДИСПЕРСИОННЫХ ИСКАЖЕНИЙ ШИРОКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ НА ТОЧНОСТЬ СОВМЕСТНЫХ ОЦЕНОК ИХ ПАРАМЕТРОВ.....	195
Буйлов Е.Н. МОНОИМПУЛЬСНЫЙ СЛЕДЯЩИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ УГЛОВОЙ КООРДИНАТЫ ТОЧЕЧНОЙ ЦЕЛИ С СУММАРНО-РАЗНОСТНОЙ ОБРАБОТКОЙ ПОСЛЕ АНАЛОГОВО-ЦИФРОВОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ.....	199
Карачевцев А.М., Зинин В.П., Сорокин В.А., Кривоносов Н.Г., Сосульников В.В., Журавлев М.Н. О ТОЧНОСТИ КОМПЕНСАЦИИ ВЛИЯНИЯ АТМОСФЕРНОЙ РЕФРАКЦИИ НА РЕЗУЛЬТАТЫ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ТРАЕКТОРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В САНТИМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ РАДИОВОЛН.....	203
Парахневич А.В., Солонар А.С., Горшков С.А. СОПОСТАВИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФИЛЬТРОВ ЧАСТИЦ И ДИСКРЕТНЫХ КВАЗИЛИНЕЙНЫХ ФИЛЬТРОВ В ЗАДАЧАХ ВТОРИЧНОЙ ОБРАБОТКИ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ.....	207

Лег
ПО
НА

Пер
ИЗ
ПО

Пер
УГ.

Раз
РА

Раз
ИЗ
РС

Се.
ОГ
РА

Ш
В
БА

Вс
В
М
У

Ке
С

П
П

В
Р
Е

Н
Е

М
Е

С
С

L
E
C

I
J
I

J

.
.

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ
4-го Международного радиоэлектронного форума
«Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития»
(МРФ'2011)

Том I
КОНФЕРЕНЦИЯ
«ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ
СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ»
Часть 1

Ответственные за выпуск

Рябуха В.П.
Булавина Е.С.

Материалы сборника публикуются в авторском варианте
без редактирования

Подписано к печати 30.09.2011. Формат 60 × 84 1/8. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 46,97. Тираж 225 экз. Цена договорная. Зак. № 2-801.

61166 Украина, Харьков, просп. Ленина, 14

Отпечатано в учебно-научном издательско-полиграфическом центре ХНУРЭ
61166 Украина, Харьков, просп. Ленина, 14