

УДК 004.94

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОМПЛЕКСА МЕТОДИК И МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Топорков А.Г., студент

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Динамика и управление полётом ракет и космических аппаратов»*

Калдаров И.С., студент

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Динамика и управление полётом ракет и космических аппаратов»*

Иванов С.Г., студент

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Динамика и управление полётом ракет и космических аппаратов»*

Старчак С.Л., д.т.н., профессор, доцент

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
bauman@bmstu.ru*

В настоящее время космос играет одну из решающих ролей в сдерживании возможных противников от развязывания войн и вооружённых конфликтов, в том числе с применением ядерного оружия. Без использования космических средств невозможно раннее определение военной угрозы, а также обеспечение надежного управления Вооружёнными Силами.

Интересам Вооружённых Сил отвечает приоритетное развитие космических систем, обеспечивающих эффективную поддержку действий различных родов войск в ходе ведения боевых действий. Использование космических систем позволяет достичь качественно новых возможностей Вооружённых Сил, таких как мобильность, готовность к быстрому реагированию, ориентация на высокоточное оружие [1].

Становится все более целесообразным использование космических систем в сфере управления оружием и войсками, которые позволят обеспечить значительное повышение точности стрельбы и оперативной оценки результатов воздействия. В частности, космические системы вносят существенный вклад в обеспечение эффективности применения высокоточного оружия. Они позволяют полностью автоматизировать весь боевой цикл – обнаружение целей, выдачу информации, навигационное обеспечение и управление средствами поражения в полете, обеспечение своевременной передачи данных средствами спутниковой связи, контроль эффективности применения.

Общая тенденция к объединению сил и средств поражения противника и обеспечения боевых действий различных видов и родов войск в интегрированные военные комплексы приводит к необходимости использования единого информационного пространства.

В настоящее время успех военных действий на суше, в воздухе и на море, в равной степени, как и предотвращение войны, военно-политических кризисов или вооруженных конфликтов существенно зависит от эффективности использования космической информации.

В последнее десятилетие произошло качественное изменение в использовании космических средств в интересах решения военных задач и национальной безопасности. Эффективность современного оружия все больше определяется не столько огневой мощностью, сколько степенью информационной обеспеченности. Информатизация армии стала приоритетной задачей военно-технической политики государства. Таким образом, превосходство в степени информированности, предоставляет дополнительное условие победы в любом бою. Об этом свидетельствует опыт вооруженных конфликтов и локальных войн современности.

Так, например, первым опытом широкомасштабного практического использования космических систем в ходе боевых действий стали события в Персидском заливе. Тогда окончательно определилась роль высокоточного оружия различного базирования, его носителей различных типов и были отработаны способы их боевого применения. Одним из важнейших системообразующих элементов всей используемой военной машины было применение космических систем различного назначения во всех фазах операции [2-7].

Основные задачи, возложенные на органы управления космического командования в районе конфликта, заключались в обеспечении разведки, связи, оценки результатов поражения объектов противника, навигационного, топогеодезического и метеорологического обеспечения войск. Наиболее значительную роль сыграли средства космической разведки США. К началу боевых действий в состав орбитальной группировки космической разведки США входило 29 космических аппаратов, из которых 4 КА видовой разведки (оптической и радиолокационной), а остальные - радио- и радиотехнической разведки. В целом военно-космические средства оказали настолько сильное влияние на действия многонациональных сил в конфликте в зоне Персидского залива, что даже способствовали разработке новых тактических приемов их боевого применения [8,9].

Итак, среди космических систем военного назначения можно выделить:

1. **Космические системы связи (КСС)** предназначены для обеспечения органов

управления всех уровней и всех ведомств государств дальней надёжной и скрытой связью.

При этом используются системы связи различного предназначения: для передачи телеметрической, телеграфной, телевизионной, телефонной информации, а также для передачи команд управления на КА.

2. **Космические системы навигации (КСН)** – системы, основанные на использовании КА, предназначенных для определения координат и составляющих вектора скорости различных подвижных объектов (самолётов, подводных лодок, кораблей, мобильных ракетных комплексов и т.д.). В состав КСН входят орбитальные группировки (ОГ) однотипных КА со специальной навигационной аппаратурой на борту и наземный комплекс - средства командно-измерительного комплекса (КИК) и аппаратура навигационного комплекса объектов – потребителей.

КСН обеспечивают высокую точность определения положения объекта и мало зависят от различного рода помех.

Структура КСН определяется выполнением требований по глобальности и всепогодности действий, оперативности и точности определения координат, а также независимости навигационного обеспечения неограниченного количества одновременно определяющихся потребителей и по обеспечению высокой скрытности проведения навигационных определений подвижными объектами.

3. **Космические системы разведки (КСР).** КСР являются основным элементом, в

системе военной разведки ведущих зарубежных стран, обеспечивающей военно-политическое руководство достоверной и своевременной информацией о военном и экономическом потенциале зарубежных стран.

Космическая разведка ведется на протяжении всех периодов, и меняется лишь её интенсивность, что зависит от задач, решаемых вооружёнными силами (ВС) в этот период, и определяется количеством разведывательных космических аппаратов на орбите и их построением относительно друг друга.

Космическая разведка – совокупность мероприятий, осуществляемых по единому замыслу и плану, по добыванию разведывательных данных с использованием космических средств. Космическая разведка является одной из основной составной частью стратегической разведки.

Космические средства разведки (КСР) предназначены для решения следующих задач [10]:

- наблюдения за повседневной деятельностью вооруженных сил иностранных государств и за районами локальных военных конфликтов;
- выявления военных и военно-промышленных объектов, слежения за испытаниями новых образцов вооружения, контроль за выполнением договоров и соглашений об ограничении стратегических вооружений;
- определения местонахождения и слежения за перемещением кораблей и подводных лодок в акватории Мирового океана;
- контроля за деятельностью военных объектов, определения местоположения и тактико-технических характеристик;
- обнаружения и систематического наблюдения за строительством военных и промышленных объектов;
- перехвата сигналов радиорелейных, тропосферных и космических линий связи других государств.

На основании выше изложенного можно разделить космические системы разведки на следующие группы:

- **Оптико-электронная разведка (ОЭР):** предназначена для регулярного и оперативного наблюдения за повседневной деятельностью ВС иностранных государств, стратегическими объектами и испытательными полигонами. Также ОЭР решает задачи выявления военных и военно-промышленных объектов, определение их форм, размеров, состояния и боеготовности, съёмки территорий с целью картографирования местности.
- **Радиолокационная разведка (РЛР):** предназначена для регулярного и оперативного наблюдения за дислокацией и перемещением войск и военной техники противника (ракеты мобильного базирования, бронетанковая техника, корабли, самолёты и другие мобильные средства), стратегическими объектами, испытательными полигонами иностранных государств.
- **Радиотехническая разведка (РТР):** предназначена для планирования нанесения удара по военным объектам, радиоэлектронного подавления. Выяснения загрузки диапазонов волн, общей интенсивности работы радиолокационных станций, состояния объекта разведки, режимов работы и координат средств противовоздушной обороны. Разведка ранее неизвестных радиолокационных станций.

Широкое применение в современных условиях различных технических средств разведки в качестве средств поиска и обнаружения целей, управления и наведения объектов на цели делает всё более необходимым внедрение количественных методов для

Молодежный научно-технический вестник ФС77-51038

оценки эффективности этих средств как средств обеспечения решения задач управления [11].

Известно, что количественная характеристика эффективности применения и действия средств наблюдения, прежде всего, связана с оценкой вероятности обнаружения целей в зоне их действия. Рассматриваемые при этом аналитические зависимости могут быть использованы только для количественной характеристики изменения вероятности установления контакта с ещё не обнаруженной, но находящейся в зоне действия прибора наблюдения, если эффективность последнего задана величиной мгновенной вероятности обнаружения на один обзор при дискретном наблюдении.

Несмотря на различие по принципу действия отдельных видов средств разведки, у них имеется много общих свойств, как у приборов наблюдения. Обнаружение цели будем рассматривать как следствие физического процесса поиска, характеризуемого накоплением с увеличением числа обзоров или времени вероятности обнаружения.

Таким образом, любое средство наблюдения независимо от принципа его действия можно рассматривать, прежде всего, как прибор наблюдения дискретного или непрерывного действия, обладающий способностью обнаруживать цели, попадающие в зону его действия.

Для любого прибора наблюдения при условии, что известны размеры зоны его действия и свойственный только ему режим наблюдения (дискретный или непрерывный), задача оценки вероятности обнаружения цели в его зоне действия сводится, прежде всего, к определению накапливающейся вероятности обнаружения с числом обзоров $P(n)$ или с течением времени $P(t)$.

Вероятность обнаружения цели в той или иной точке зоны действия прибора наблюдения зависит не только от его способности обнаруживать цель данного типа, но и от динамических характеристик цели в зоне обнаружения. Поэтому по характеру действия в зоне обнаружения прибора наблюдения цели можно разделить на неподвижные и подвижные, при этом в зоне действия прибора наблюдения они могут находиться длительное время или появляться кратковременно.

В общем случае вероятность обнаружения цели в зоне действия прибора наблюдения будет зависеть от способности прибора наблюдения обнаруживать цель в заданных физических условиях, характера действия цели в зоне обнаружения и способа использования прибор. В каждом конкретном случае вероятность обнаружения цели может быть правильно оценена только при соответствующей степени детализации влияния каждого из факторов.

На данном этапе разработки и реализации методического аппарата по оценке информационных возможностей космических систем создана база данных КС «Типы разведывательных систем».

Также создано программное приложение «Satellite OEI» позволяющее использовать данные о КА, хранящиеся в БД «Типы разведывательных систем» для расчёта вероятности обнаружения объекта средствами ОЭР [12].

Таким образом, следующим этапом совершенствования существующего методического аппарата и математической модели является программная реализация определения вероятности обнаружения объекта средствами (см. рис.1):

1. Радиолокационной разведки (программа «Satellite RI» соответственно).
2. Радиотехнической разведки (программа «Satellite SI» соответственно).

При этом оставаясь на одном уровне детализации с методическим аппаратом и математической моделью для средств ОЭР (рисунок 1).

Методический аппарат для расчёта вероятности обнаружения и распознавания объектов средствами РЛР. Рассмотрим этапы дешифрирования таких объектов как самолет на стоянке, корабль в акватории, военно-промышленные объекты. Вероятность обнаружения таких объектов будет рассчитывать следующим образом [13]

$$P = 0,5 + 0,5\Phi\left\{\sqrt{4Nz/s} - \sqrt{4N-1}\right\},$$

где Φ – интеграл вероятности, s – среднее значение сигнала (мощность) на выходе квадратичного детектора, N – число независимых отсчетов в элементе разрешения бортовой РЛС или по площади однородного участка при дешифрировании распределенного объекта.

При больших N плотность вероятности приближается к нормальному закону

$$P_N(z) = \frac{1}{s} \sqrt{\frac{N}{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}N\left(\frac{z}{s}-1\right)^2}$$

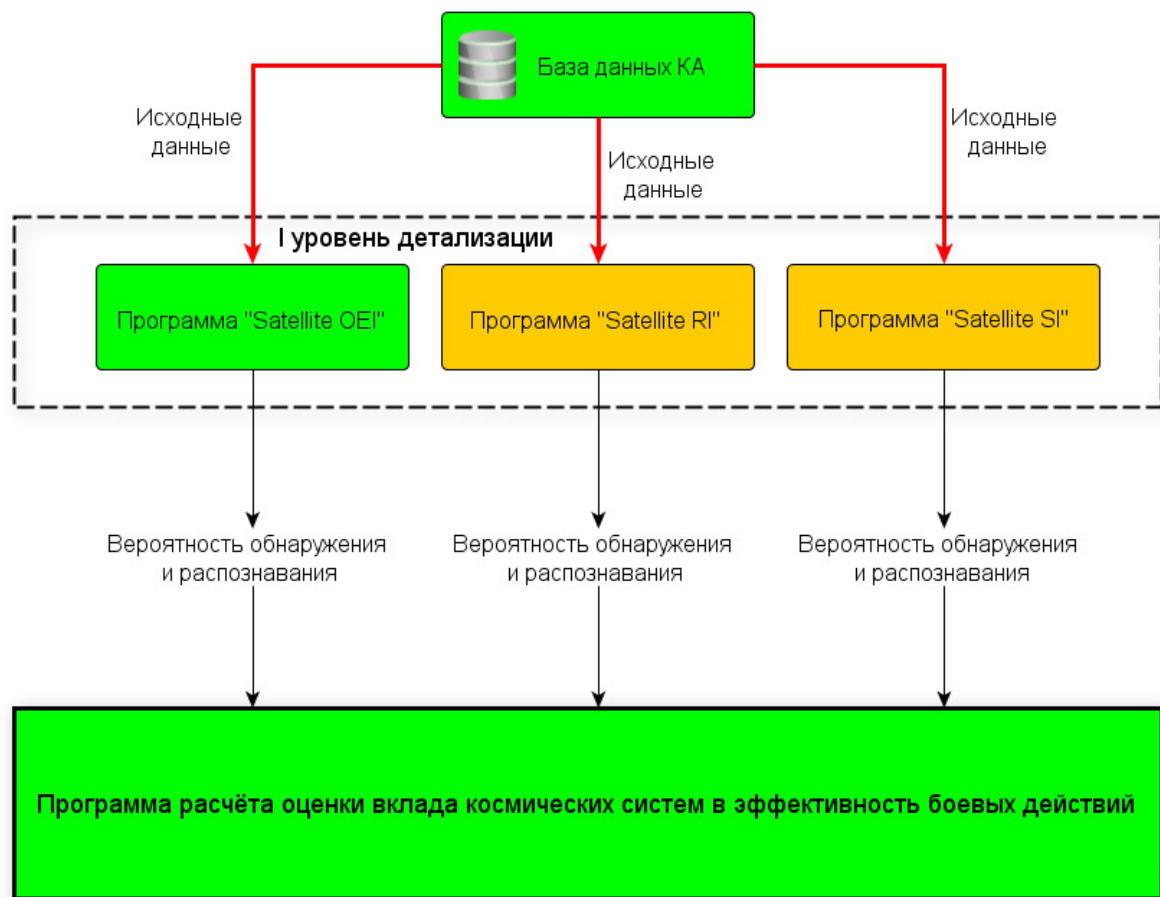


Рис.1. Блок-схема взаимодействия программных приложений с БД

Дальнейшая фаза дешифрирования - это распознавание класса объекта после определения его формы. Выражение для вероятности распознавания объектов можно записать в следующей виде

$$P = \exp \left[- \left(B \frac{A}{L} \right)^2 \right] = \exp \left[- C_{pl} \frac{GR_{cp} S_e}{S_{geom} L^2} \right],$$

где L - геометрический размер объекта (диаметр, диагональ, длина и т.д.), A - разрешающая способность на снимке, $B = 1...3$ - коэффициент распознавания формы простого объекта, $CPЛ$ - коэффициент, учитывающий различие радиолокационной и фотографической информации (принимается $CPЛ = 1$), G - периметр объекта, $R_{cp} = (R_b + R_o)/2$ - среднее между радиусами окружностей соответственно вписанной в контур и описанной вокруг контура объекта, S_e - площадь элемента разрешения PCA, S_{geom} - геометрическая площадь объекта.

Методический аппарат для расчёта вероятности обнаружения и распознавания объектов средствами РТР. В соответствии с публикациями [14, 15] имеется класс РТР предназначенных для приёма сигналов РЛС по главному излучению их

антенн. Как правило, эти станции имеют чувствительность порядка -60...-80 дБ/Вт, приёмники прямого усиления с большим количеством частотных каналов. Они обеспечивают беспойсковый по частоте и направлению приём сигналов сканирующих или сопровождающих РЛС на дальностях, превышающих дальности обнаружения этих РЛС.

Полагая факт облучения главным лучом антенны разведваемой обзорной РЛС за период вращения её антенны для таких станций РТР достоверным, а также предполагая, что флуктуации уровня сигнала в главном луче отсутствуют. Для таких радиолокационных сигналов вероятность обнаружения определяется соотношением [16]

$$P_{обн} = \Phi_{\lambda} \left[\sqrt{2\mathfrak{E} / N_0} - \sqrt{2 \ln(1 / F)} \right],$$

где $\mathfrak{E}/N_0$ – энергетическое соотношение сигнал/шум; $(\mathfrak{E}/N_0)^{1/2}$ – отношение сигнал шум по напряжению; F – вероятность ложных тревог.

$$\Phi_{\lambda}(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x \exp(-t^2 / 2) dt$$

Несмотря на общую неравномерность распределения РЛС на крупных участках местности, всегда можно выделить районы меньших размеров, где расположение РЛС примерно равномерно. К этим участкам, где плотность РЛС на местности имеет постоянную величину ρ можно применить закон Пуассона, согласно которому вероятность того, что на площади S расположено ровно k РЛС, определяется формулой

$$P = \frac{(\rho S)^k}{k!} \exp(-\rho S),$$

Рассмотренные выше соотношения для вероятности обнаружения объектов, сигналов РЛС являются приближёнными в силу ряда принятых допущений.

Основная задача приведённых выше методик и моделей состоит в программировании их для описания динамики работы систем ОЭР, РЛР, РТР. В дальнейшем на следующем этапе предстоит описать динамику работы РЛС, обобщённого потребителя и космических систем их взаимодействие друг с другом как объектов находящихся в одном информационном поле.

При этом очевидно, что время, которое будет затрачено на один разведывательный полёт пропорционально подробности модели, т.е. степени учёта деталей временных процессов функционирования всех объектов. Степень детализации необходимо определять в соответствии с количеством и достоверностью априорных сведений, характеристиками разведывательной аппаратуры и т.д.

Список литературы

1. Жук Е.И. Космическая деятельность и вопросы обеспечения информационной безопасности//<http://technomag.edu.ru>: электронное научно-техническое издание «Наука и образование».2013. URL.<http://technomag.edu.ru/index.html> (дата обращения:07.03.2013).
2. Суханов С.А., Гринько В.Ф., Смирнов В.М. Космос в вопросах вооруженной борьбы. Ежемесячный журнал «Национальная оборона», №7 (28), стр. 29 – 42.
3. Волков С. А. Рост воздушной и космической мощи//Воздушно-космическая оборона. URL.<http://www.vko.ru/DesktopModules/Articles/ArticlesView.aspx?tabID=320&ItemID=176&mid=2892&wversion=Staging>. (дата обращения:03.03.2013).
4. Волков С. А. Космос как поле для битвы//Воздушно-космическая оборона.URL. <http://www.vko.ru/DesktopModules/Articles/ArticlesView.aspx?tabID=320&ItemID=219&mid=2893&wversion=Staging>. (дата обращения:02.03.2013).
5. Лопин Г. А., Цурков М. Л., Оглоблин В. В. Угрожающая перспектива. //Воздушно-космическая оборона. URL. <http://www.vko.ru/DesktopModules/Articles/ArticlesView.aspx?tabID=320&ItemID=468&mid=2892&wversion=Staging> (дата обращения:02.03.2013).
6. Ягольников С., Шушков А. Соединенные Штаты пересматривают ядерную политику//Воздушно-космическая оборона.URL. <http://www.vko.ru/DesktopModules/Articles/ArticlesView.aspx?tabID=320&ItemID=89&mid=2893&wversion=Staging> (дата обращения:03.03.2013).
7. Приступюк И., Сомков Н.. Устоять под ударами ВТО.//Воздушно-космическая оборона.URL. <http://www.vko.ru/DesktopModules/Articles/ArticlesView.aspx?tabID=320&ItemID=101&mid=2893&wversion=Staging> (дата обращения:03.03.2013).
8. Анализ, перспективы развития и повышения эффективности военно-космических средств //Социально-просветительский интернет-портал Труженики тыла. Союз ветеранов космических войск. URL.http://cosmosinter.ru/art_potential/art_perspective/detail.php?ID=238. (дата обращения:03.03.2013).
9. Джеффри Т. Ричелсон, Будущее космической разведки // В мире науки. —1991.- №3.
10. Меньшаков Ю.К. Защита объектов и информации от технических средств разведки. Учебное пособие. М.: Российский Государственный Гуманитарный Университет, 2002. 399 с.

11. Афанасьев А.А., Горбунов В.А. Эффективность обнаружения целей радиотехническими средствами наблюдения. М.: Военное издательство МО СССР, 1964. 123 с.
12. Топорков А.Г., Селиванов Р.А. Комплекс программ и методик для оценки вклада обеспечивающих космических систем//Электронный журнал «Молодёжный научно-технический вестник». URL.<http://sntbul.bmstu.ru/doc/532702.html>) (дата обращения: 01.03.2013).
13. Неронский Л.Б., Михайлов В.Ф., Брагин И.В. Микроволновая аппаратура дистанционного зондирования поверхности земли и атмосферы. Учебное пособие. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, 1999. 174 с.
14. Палий А.И. Радиовойна. М.: Воениздат, 1963. 207 с.
15. Палий А.И. Радиоэлектронная борьба. М.: Воениздат, 1981. 320 с.
16. Мельников Ю.П. Воздушная радиотехническая разведка (методы оценки эффективности). М.: Радиотехника, 2005. 304 с.