

---

**СТЗ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ, НАЗЕМНЫХ, НАДВОДНЫХ И ПОДВОДНЫХ РОБОТОВ**

---

УДК 623.746.-519

**СЕМАНТИЧЕСКИЕ ОПИСАНИЯ В ЗАДАЧЕ АВТОНОМНОЙ ПОСАДКИ  
БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА***Н.Е. БОДУНКОВ**Московский авиационный институт  
(национальный исследовательский университет) (МАИ)*

Рассматривается проблема автономной посадки беспилотного летательного аппарата (БЛА), при условиях, отрицательно влияющих на визуальные свойства ориентиров места посадки. Предлагается структура описаний и пример их использования.

*Ключевые слова:* беспилотный летательный аппарат, автономное управление, автономная посадка,

Бодунков Николай Евгеньевич – доцент, кандидат технических наук, e-mail: [boduncov63@yandex.ru](mailto:boduncov63@yandex.ru)

**SEMANTIC DESCRIPTIONS OF UNMANNED AERIAL VEHICLE SELF-ACTING  
LANDING PROBLEM***N.E. BODUNKOV**Moscow Aviation Institute (National Research University)*

Self-acting landing unmanned aerial vehicle in terms of negative effect on landing area landmark look is considered. Arrangement of descriptions and examples of descriptions using are proposed

*Key words:* unmanned aerial vehicle, independent control, self-acting landing.

Bodunkov Nikolay Evgenievich – Associate Professor, PhD, e-mail: [boduncov63@yandex.ru](mailto:boduncov63@yandex.ru)

**Введение**

В последнее время актуальной представляется проблема автономного управления беспилотными летательными аппаратами (БЛА), в частности, организация их автономной посадки.

Будем рассматривать случай, когда полет к посадочной площадке осуществляется по некоторой наклонной траектории, далее БЛА уточняет собственное положение и ориентацию относительно места посадки, а затем осуществляет снижение (посадку «по-вертолетному»). При этом необходимо решить следующие задачи: выбор места посадки или посадочной площадки, планирование траектории полета к месту посадки, выбор алгоритмов и эталонов для обнаружения места посадки и оценки собственного положения относительно него.

Можно выделить две основные группы посадочных площадок: подготовленные и неподготовленные. Подготовленная площадка должна обеспечивать определенное качество поверхности (отсутствие неровностей, определенные углы наклона и т.п.), отсутствие посторонних предметов или препятствий на траектории посадки (или наличие информации об их точных координатах) и средств точной оценки положения и ориентации. Эти условия позволяют гарантировать успешную (без повреждения носителя или груза) посадку БЛА для определенных условий (например, погодных).

Однако в полете могут возникнуть ситуации, при которых посадка на подготовленную площадку может быть нереализуема (например, из-за погодных условий или поломок бортового оборудования). В этом случае необходимо выбрать альтернативное место посадки, удовлетворяющее определенным требованиям. На неподготовленной площадке также должны находиться объекты, служащие в качестве ориентиров для визуальной навигации.

В процессе наблюдения на изображение ориентиров могут воздействовать различные дестабилизирующие факторы (ДФ), связанные с изменением условий наблюдения, в частности:

1. Изменение времени года и времени суток
2. Появление тумана, осадков и т.п.;
3. Блики, особенно при высокой влажности и осадках.

Очевидно, что ориентиры неподготовленной площадки в общем случае менее контрастны и сильнее подвержены влиянию ДФ по сравнению с заранее подготовленными.

Таким образом, для автономной посадки БЛА на основе систем технического зрения необходимо учитывать влияние ДФ. Изменяемость изображения ориентиров, при изменении условий наблюдения требует регулярной подстройки алгоритма обнаружения места посадки. В работе предлагается использовать технологию анализа ситуации для выбора и адаптации эталонов ориентиров, а также планирования посадки.

### Структура описания ситуации

Одним из ключевых элементов анализа и понимания ситуации является ее описание [1]. В работе предложен вариант семантического описания в виде тройки

$$M = \langle OI, Env, Obs \rangle,$$

где OI – описание площадки, Env – описание среды, Obs – описание БЛА.

Предлагаемые описания носят иерархический характер и в зависимости от уровня иерархии делятся на классы, подклассы и разделы различной степени детализации [2].

На рисунках показаны примеры структур описаний посадочной площадки, среды и БЛА.

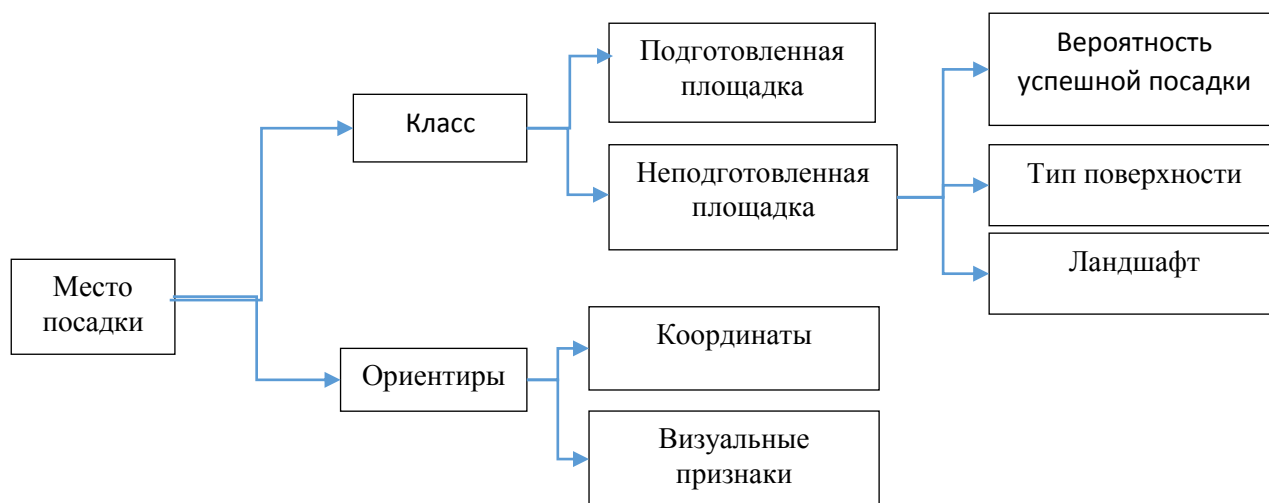


Рис. 1. Структура описания места посадки

Описание места посадки (рис. 1) содержит два основных подкласса – «Класс» и «Ориентиры». В «Классе» описываются основные свойства – вероятность успешной посадки, материал посадочной площадки и особенности ландшафта, необходимые для принятия решения о выборе места посадки. Основным свойством «Ориентиров» являются их визуальные признаки. В этот раздел входят эталонные описания ориентиров для различных условий наблюдения и модели влияния на них различных факторов среды.

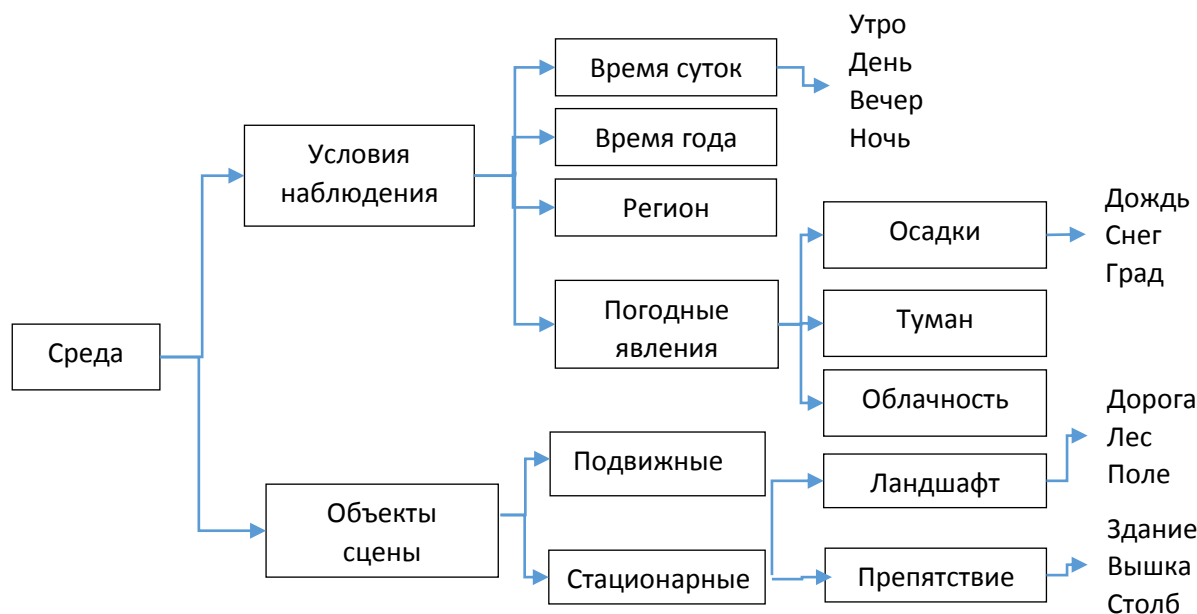


Рис. 2. Описание среды функционирования

Описания среды функционирования (рис. 2) включает два основных подкласса – «Условия наблюдения» и «Объекты сцены».

«Условия наблюдения» – совокупность факторов, влияющих на визуальные признаки ориентиров места посадки. Правила формирования рабочего словаря признаков, влияния на них внешних факторов и оценки вероятности обнаружения ориентира, закладываются в описании «Системы наблюдения» бортового оборудования БЛА.

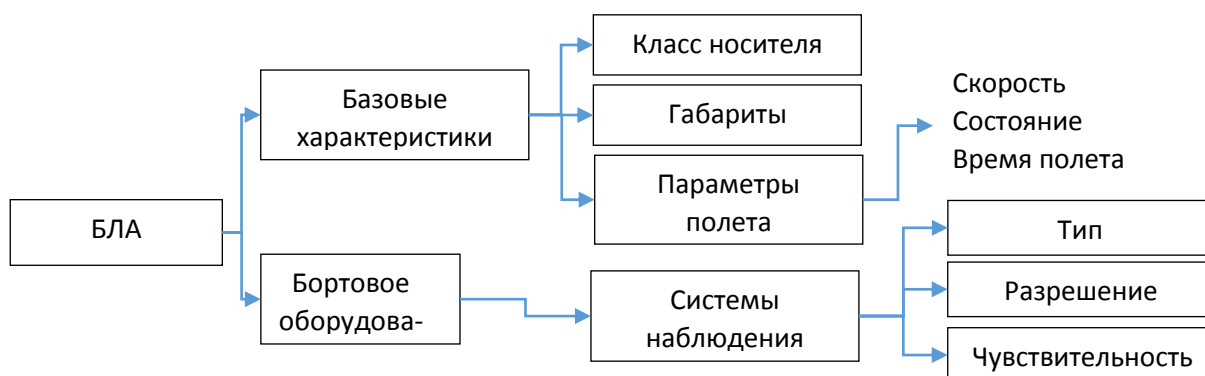


Рис. 3. Структура описания БЛА

Описание свойств БЛА (рис. 3) необходимо для учета физических возможностей носителя и СТЗ при планировании траектории подлета к месту посадки. Так важными ограничениями становятся – максимальная длительность, дальность и скорость полета БЛА. Как было показано

выше описание атрибутов «Системы наблюдения» непосредственно влияет на выбор признаков и эталонов ориентира.

### Пример описания

Предлагаемая структура описания позволит произвести дальнейший анализ ситуации в результате, которого должны быть выбраны или скорректированы место посадки и визуальные ориентиры.

Предположим, что рядом с текущим положением БЛА присутствует посадочная площадка. Описание ситуации для посадки будет выглядеть следующим образом:

#### Место посадки 1:

Класс -> Подготовленная площадка-> Наклон: *горизонтальный*;

Ориентир->Координаты : [10, 10];

->Горизонтальная метка -> Признаки: [*форма, характерные точки, инфракрасные метки*]; Тип поверхности: *глянцевая*;

#### Место посадки 2:

Класс -> Неподготовленная площадка -> Тип: *Асфальтированная дорога*; Наклон: *небольшой наклон*;

Ориентир->Координаты : [1, 1];

->Дорожная разметка -> Признаки: [*прямые параллельные линии*]; Тип поверхности: *мастовая*;

Среда ->Условия наблюдения-> Время суток: *Утро*; Время года: *Лето*

Погодные явления: Осадки -> *слабый дождь*;

БЛА -> Базовые характеристики

-> Класс носителя: *самолет*;

-> Состояние: [*нештатная ситуация, отказ двигателя*];

-> Бортовое оборудование -> СТЗ -> Тип: *Видеокамера оптического диапазона*

Из приведенного описания видно, что из-за дождя при наблюдении ориентиров под некоторыми углами (против солнца) на ее изображении может появиться блик от солнца. При планировании посадки необходимо соответствующим образом выбирать траекторию захода на место посадки.

Очевидно, что посадка на подготовленную площадку «Место посадки 1» – надежнее и приоритетнее. Однако, в описании состояния БЛА содержится информация об отказе двигателя, а «Место посадки 2» находится существенно ближе. В этом случае необходимо оценивать возможные потери от выбора того или иного места посадки, например, на основе функциональных критериев [3 – 4].

### Заключение

Для реализации автономной посадки БЛА с использованием СТЗ необходимо учитывать факторы, влияющие на визуальные признаки ориентиров. Для этого необходимо формировать и

анализировать описания текущего состояния БЛА, окружающей среды, а также особенности посадочной площадки.

В работе предложена структура описаний, включающая факторы, оказывающие влияние на процесс посадки и обнаружения ориентиров. Приведен пример описания и выводов, которые можно сделать на его основе.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Endsley M.R., Garland D. J.* Theoretical understanding of situation awareness: a critical review. – Situation Awareness Analysis and Measurement. – 2000.
2. *Guarino N., Oberle D., Staab. S.* “What is Ontology?”. Handbook on Ontologies. – Springer-Verlag Berlin, 2009.
3. Situational control unmanned aerial vehicles for traffic monitoring. / *Kim N., Chervonenkis M.* // Modern Applied Science. – Vol. 9. – No. 5. – May 2015// Special Issue. Canadian Center of Science and Education. ISSN (printed): 1913-1844. ISSN (electronic): 1913-1852.
4. Automated Decision Making in Road Traffic Monitoring by on-Board Unmanned Aerial Vehicle System. / *Kim N.* // Indian Journal of Science and Technology. – Vol 8(S10). – December 2015.