

Критерии оценки качества дистанционного зондирования Земли группой БПЛА

М.Ф. Степанов
Саратовский государственный
технический университет,
Саратов, Россия
mfstepanov@mail.ru

А.М. Степанов
Саратовский филиал Пенсионного
фонда России,
Саратов, Россия
amstepanov@mail.ru

О.М. Степанова
ООО «Реестр РН»
Саратов, Россия
omstepanova@mail.ru

Аннотация—В задачах дистанционного зондирования Земли осуществляется анализ фото- видеоданных исследуемой территории для получения информации не только о состоянии поверхности, но и в определенной степени о подстилающих слоях грунта. Оперативное выявление изменений состояния территории осуществимо только на актуальных исходных данных. Получение актуальных данных требует регулярного проведения обследования территории. Более экономичным является проведение обследования с использованием БПЛА, а при наличии ограничений на время проведения исследований целесообразно применение групп БПЛА. В этом случае вопросы качества обследования и эффективности использования технических средств становятся первостепенными. В работе предлагается подход к управлению группами БПЛА при проведении обследования территории, основанный на использовании критериев оценки качества проведения обследования.

Ключевые слова— Критерии качества управления, БПЛА, интеллектуальная система управления, управление группой роботов.

1. ВВЕДЕНИЕ

Задачи дистанционного зондирования предусматривают наличие актуальных данных состояния исследуемой территории. Получение достоверных данных часто сопряжено с определенными трудностями. Например, спутниковые данные могут быть искажены атмосферными явлениями вплоть до полного отсутствия возможности наблюдения за счет наличия плотной облачности. Использование самолетной аэрофотосъемки сопряжено с большими финансовыми затратами, а также с ограничениями доступности в некоторые области исследуемых территорий. Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) как роботы-разведчики значительно экономичнее своих «больших» пилотируемых собратьев, но и возможности БПЛА значительно скромнее.

2. МОДЕЛЬ И МЕТОД

Очевидно, что возможности БПЛА при решении задач дистанционного зондирования могут быть скромными в связи с малой грузоподъемностью, а, следовательно, необходимостью использования малогабаритной аппаратуры с меньшей разрешающей способностью. В связи с этим для получения данных зондирования с высокой разрешающей способностью необходимо проводить исследования с использованием БПЛА на относительно более низких высотах полета. Как следствие, для охвата заданной территории требуется больше времени на проведение исследований. Однако в связи с относительной дешевизной широко используются группы зондов-исследователей.

При этом встает задача группового управления [1] БПЛА-зондами, включающая целый ряд самостоятельно сложных подзадач, в том числе: задачи разбиения исследуемых территорий на подобласти, их распределение между членами группы, оптимизация качества решения задач зондирования с учетом неоднородности членов группы БПЛА-зондов, перераспределение задач между БПЛА-зондами при изменении состава группы и/или внешней обстановки и т.д.

В зависимости от степени однородности состава группы роботов-разведчиков возможны как конкурентный [1], так и итерационный [2], [3] варианты распределения подзадач между роботами-разведчиками.

В работе [4] для управления группой роботов-разведчиков используются интеллектуальные самоорганизующиеся системы управления (ИССАУ)[5], использующие интеллектуальный решатель задач на базе планирующих искусственных нейронных сетей [6].

Для достижения поставленной глобальной цели (совокупности целей) реализуется иерархическое взаимодействие ИССАУ роботами-разведчиков, предусматривающее постановку задач подчиненным (младшим ИССАУ) и оценку результатов из деятельности. Построение последовательности действий (закон управления) по достижению поставленной цели каждым роботом-разведчиком осуществляется решателем задач ИССАУ.

Разнообразие возможных вариантов построения систем управления группой роботов-разведчиков обуславливает необходимость введения критериев оценки качества результатов решения задачи исследования:

Критерий полноты охвата территории

$$J_1 = \sum_{i=1}^N (P_i^r / P_\Omega^r),$$

где P_i^r - площадь территории, обследованной i -м роботом, P_Ω^r - общая площадь исследуемой территории Ω , N - количество роботов в группе G .

Время обследования территории

$$J_2 = \sup_{i=1, N} (T_i^r) / T_{\text{sup}}^r,$$

где T_i^r - время, затраченное i -м роботом на обследование заданной ему зоны территории, T_{sup}^r - предельно допустимое время обследования территории Ω всеми роботами группы G .

Доля времени занятости робота по отношению к общему времени работы всей группы

$$J_3 = \inf_{i=1, N} (T_i^r / T_G^r),$$

где T_G^r - общее время обследования территории всеми роботами группы.

Доля общего времени простоя роботов за время обследования

$$J_4 = (\sum_{i=1}^N (T_G^r - T_i^r)) / (N \times T_G^r).$$

Критерий качества проведения исследования

$$J_5 = \sum_{i=1}^N \alpha_i^Q J_i^Q,$$

$$J_i^Q = K_i^P \sum_{j=1}^{n_i^P} Q_{ij}^P (P_{ij} / P_i),$$

$$K_i^P = \text{if } (P_i \leq P_i^{\text{lim}}) \text{ then } (1) \text{ else } (P_i^{\text{lim}} / P_i),$$

где J_i^Q - критерий оценки качества исследования i -м роботом-исследователем заданной территории площадью P_i , включающей n_i^P областей площадью P_{ij} , качество обследования которых задается нормированным показателем Q_{ij}^P , $|Q_{ij}^P| \leq 1$, K_i^P - коэффициент, учитывающий соотношение площади территории, заданной для исследования и предельно допустимой площади для i -го робота за заданное время.

Обобщенный аддитивный критерий

$$J = \sum_{i=1}^5 \alpha_i J_i,$$

где α_i - весовые коэффициенты.

Алгоритм управления группой роботов при распределении/перераспределении подзадач между роботами осуществляет выбор варианта, доставляющего наименьшую оценку значения обобщенного критерия J . Для достижения поставленной цели используются средства планирования действий [6] интеллектуальных самоорганизующихся систем управления [5] БПЛА группы зондов-исследователей.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Предложенная система критериев оценки качества результатов дистанционного зондирования Земли с

использованием БПЛА пока учитывает «расходную составляющую» непосредственно на проведение исследований. Иначе говоря, собственно качество получаемых фото и видео материалов остается в стороне. Предполагается, что используемая аппаратура для проведения исследований позволяет получить необходимое качество данных при соблюдении установленных требований к скорости и высоте движения летательного аппарата.

Направления дальнейших исследований предполагают анализ зависимости качества получаемых данных от характера процессов маневрирования как отдельных БПЛА, так и всей группы БПЛА в целом.

БЛАГОДАРНОСТИ

Данная работа продолжает исследования, поддержанные грантами РФФИ 13-07-00647, 15-07-99684.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Каляев, И.А. Модели и алгоритмы коллективного управления в группах роботов / И.А. Каляев, А.Р. Гайдук, С.Г. Капустян. - М.: Физматлит, 2009. - 280 с.
- [2] Дивеев, А.И. Исследование синтезированного оптимального управления группой роботов при наличии неопределенностей / А.И. Дивеев, Е.Ю. Шмалько // Надежность и качество сложных систем. - 2020. - № 2(30). - С. 10-19. DOI 10.21685/2307-4205-2020-2-2.
- [3] Каляев, И.А. Самоорганизующиеся распределенные системы управления группами интеллектуальных роботов, построенные на основе сетевой модели / И.А. Каляев, С.Г. Капустян, А.Р. Гайдук // Управление большими системами: сборник трудов. - 2010. - № 30-1. - С. 605-639.
- [4] Степанов, М.Ф. Исследование алгоритмов функционирования интеллектуальной системы управления разведывательным робототехническим комплексом / М.Ф. Степанов, А.М. Степанов, Д.Ю. Петров, О.М. Степанова // Экстремальная робототехника. - 2021. - Т.1, № 1. - С. 136-142.
- [5] Степанов, М.Ф. Интеллектуальные самоорганизующиеся системы автоматического управления: монография / М.Ф. Степанов. - Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2002. - 112 с.
- [6] Степанов, М.Ф. Нейронные сети для планирования решения задач теории автоматического управления / М.Ф. Степанов // Проблемы управления. - 2004. - № 2. - С. 66-71.