

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К АНАЛИЗУ ЗАДАНИЙ СОРЕВНОВАНИЙ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ

Нижников А.О., Медведев Г.М., Юдин А.В.

Научный руководитель: Юдин А.В.

ГБПОУ «Воробьевы горы», Центр Технического Образования, Москва, Россия.

МГТУ им. Н.Э.Баумана, Кафедра ИУ4, Москва, Россия.

AN APPROACH TO ANALYSIS OF TASKS IN MOBILE ROBOTS' COMPETITION

Nizhnikov A.O., Medvedev G.M., Yudin A.V.

Supervisor: Yudin A.V.

State budget vocational and educational institution "Vorobyovi Gori", Centre of Technical Education, Moscow, Russia.

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia.

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы анализа типичных правил соревнований мобильных роботов. Предлагаемый подход к выбору приоритетов в последовательности разработки сложных технических проектов длительностью около 6-8 месяцев может быть полезен молодым разработчикам, участникам международных соревнований. При желании данный подход может быть адаптирован для независимой оценки представленных на соревнованиях роботов и помочь работе экспертной комиссии или жюри.

Abstract

The article deals with the analysis of the typical mobile robots' competition rules. The proposed approach to the choice of priorities in the development sequence of complex technical projects with duration of about 6-8 months can be helpful to young developers, participants of international competitions. If desired, this approach can be adapted for the independent evaluation of the robots in a competition and help in organization of the work of the expert committee or jury.

Введение

Цель работы участников командных соревнований мобильных роботов – победить всех соперников. На примере международных соревнований Евробот [1] суть участия сводится к выступлению одного или двух роботов команды в матче против команды соперника на время (обычно равное 90 секундам). За это время роботы должны не сталкиваясь, решить ряд задач и тем самым набрать баллы по итогам матча. Команда набравшая наибольшее количество баллов побеждает оппонентов.

Подготовка к соревнованиям длится около 6-8 месяцев. Условимся для простоты изложения в дальнейшем рассматривать разработку командой лишь одного мобильного робота. В задачи подготовки такой команды входят:

- Выбор практических заданий для выполнения роботом (количество заданий избыточно);
- Разработка механики, электроники и программной составляющих робота для выполнения заданий;
- Соблюдение сроков разработки.

Для успешного завершения проекта разработки и высоких шансов на победу в соревнованиях команде необходимо выработать способ выбора заданий для выполнения и в дальнейшем иметь возможно однозначного выбора последовательности выполнения заданий на игровом поле. Для этого необходимо провести:

- Анализ правил практических заданий;
- Разработку стратегии и тактики выполнения заданий.

Отправные точки для проведения анализа

Рассмотрим параметры системы «мобильный робот – окружающая игровая среда» (далее Система), которые будем учитывать при анализе правил соревнований.

В первую очередь определим ресурсы, которыми робот обладает непосредственно – это время (которое ограничено длительностью матча) и баллы, присуждаемые за успешно выполненное задание.

Далее, необходимо учесть время, потраченное на разработку готового к соревнованиям робота (данный ресурс также ограничен максимально допустимой правилами длительностью подготовки). Этот параметр также можно считать сложностью разрабатываемого устройства для конкретного разработчика, т. е. он субъективен и определяется в каждом случае разработки индивидуально.

Для упрощения понимания возможных конфигураций рассмотренных параметров, а также принимая во внимание изначальную упорядоченность разработки мобильных роботов и повторяемость типовых схем решения стоящих перед роботом задач предлагается категоризировать результаты по уровням сложности, что позволит объективно оценивать конкретного робота еще до его выступления на соревнованиях.

Стоит отметить, что несмотря на объективность, предлагаемый способ – это инструмент прогнозирования, не учитывающий многие факторы, присущие соревновательному процессу (например, вероятность отказа механизмов робота или человеческий фактор при обслуживании робота, полученные во время решения задач штрафы), и не должен рассматриваться как инструмент оценки, заменяющий соревнования.

При желании данный способ может быть адаптирован для независимой оценки представленных на соревнованиях роботов и помочь работе экспертной комиссии или жюри.

Оценка сложности исполнения робототехнической системы

Основываясь на опыте участия авторов в соревнованиях мобильных роботов и опыта их организации можно заключить, что существует несколько уровней реализации робототехнического решения, каждый из которых качественно отличается от остальных. Эти уровни отличаются по сложности всех составляющих процесса разработки и соответствующего поведения мобильного робота во время выполнения заданий.

С точки зрения разработчика, каждый такой уровень описывает сложность реализации в таких направлениях разработки как: механика, электроника, программирование и управление проектом (Рис.1).

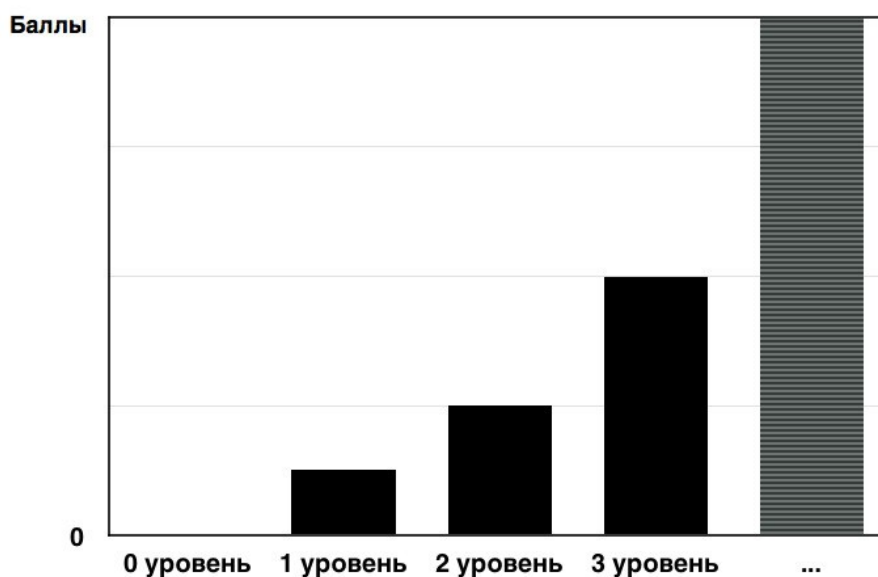


Рис. 1 – уровни сложности исполнения робототехнической системы

Предлагаемая схема универсальна и не зависит от конкретных заданий соревнований. Для того, чтобы ее применить достаточно, чтобы робототехническая система была мобильна, имела возможность передвигаться, и имела ряд задач по манипуляции объектами на тестовом полигоне.

Приведем экспертную оценку уровней сложности возможного решения:

- Уровень 0 = робот не выполняет даже элементарных действий.
- Уровень 1 = робот способен передвигаться и выполнять задания на толкание объектов.
- Уровень 2 = промежуточный, «Уровень 1» + частично решено задание на манипуляцию объектами.
- Уровень 3 = «Уровень 1» + полностью решено задание на манипуляцию объектами.
- Уровень 4 и далее = расширяющий, «Уровень 3» + полностью решено дополнительное задание на манипуляцию объектами.

Таким образом, приведенная базовая схема из трех уровней может быть расширена путем добавления четвертого и последующих.

Оценка ресурсов

Для простоты можем разделить все рассматриваемые ресурсы на те, которые доступны роботу во время матча («ресурсы робота») и на те, которые доступны разработчику во время создания и дальнейшей наладки робота («ресурсы разработчика»).



Рис. 2 – типы ресурсов для анализа Системы

При рассмотрении ресурсов робота выясняется, что иногда роботу приходится за них соревноваться, а иногда они ему «принадлежат» изначально. И в том и другом случае конечной целью робота является переработка доступных ему ресурсов в баллы, которые присуждаются по окончании матча за верно выполненные задания. Отличие соревновательных ресурсов состоит в том, что их может также использовать и робот-соперник. Мы могли бы назвать задания, включающие индивидуальные ресурсы квалификационными, а перераспределяемые – соревновательными.

Рассмотрим подход к оценке заданий в виде таблицы (Табл.1).

Табл. 1 – таблица оценки заданий робота

	Задание №1	Задание №2	Задание №3
Тип задания (квалификационное/соревновательное)			
Макс. кол-во баллов			
Время выполнения задания роботом [с]			
Время создания устройства для решения [ч]			

В [2] было показано, как можно использовать ресурсы робота из Табл. 1 (максимальные баллы и время выполнения задания) для того, чтобы аргументированно выбрать приоритет по выполнению заданий роботом или разработке соответствующих механизмов их решения.

В данной случае мы уточняем предыдущую работу в части определения сложности

заданий. Для этого предлагается использовать более объективный параметр, отражающий время, затраченное на разработку устройства для решения задания. К сожалению, субъективный фактор полностью из рассмотрения исключить невозможно, поскольку предполагается, что все решения оригинальны и разработаны с творческим подходом.

Таким образом, Табл.1 представляет индивидуальный «портрет» разработчика. Она составляется вначале разработки и отражает видение проекта конкретным разработчиком, а также по завершении разработки составляется уточненная таблица, содержащая реальные тестовые данные. В первом случае таблицу используют для планирования разработки, а во втором – для стратегического планирования действий робота на тестовом полигоне и принятия тактических решений во время матча.

Анализ оценочной таблицы и планирование разработки

В соревновательной практике очень часто случается, что средний уровень сложности исполнения роботов у участников не достигает максимально возможного. Это происходит вследствие того, что задания изначально могут быть избыточны и для победы не обязательно выполнять их все. Также, этот факт становится очевидным, если сопоставить сумму по параметру «Время выполнения задания роботом» по всем заданиям и отведенное на матч время. В результате разработчики вынуждены выбирать приоритеты и очень часто отказываться от выполнения «лишних» заданий. Задачу выбора заданий можно еще назвать решением технического противоречия.

Для разрешения технического противоречия предлагается следующий интегральный метод оценки по всем оценочным параметрам:

$$F(z) = B(z) \cdot k_1 + \frac{k_2}{t(z)} + \frac{k_3}{T(z)}, \text{ где}$$

z – рассматриваемое задание ;
 $F(z)$ – интегральная оценка задания z ;
 k_1, k_2, k_3 – нормировочные коэффициенты ;
 $B(z)[б/р]$ – максимальное количество баллов за задание ;
 $t(z)[с]$ – время выполнения задания роботом ;
 $T(z)[ч]$ – время создания устройства для решения .

(1)

Расчет коэффициентов в данном случае предполагает равную ценность каждого из параметров. При желании данную модель также можно доработать, уточнив ценностный вклад всех параметров. Мы также не учитываем тип задания, который очень часто может косвенно указывать на его сложность (успех квалификационных заданий зависит от действий самого робота, успех соревновательных – еще и от действий соперника).

Поскольку удобнее проводить анализ решений в целых числах предлагается выбрать коэффициенты, обеспечивающие равный вклад каждого слагаемого, а общую сумму ограничить безразмерным значением 99. Таким образом:

$$\begin{aligned} B_{max} \cdot k_1 &= 33 \\ \frac{k_2}{t_{min}} &= 33 \\ \frac{k_3}{T_{min}} &= 33 \end{aligned} \quad (2)$$

Откуда:

$$\begin{aligned} k_1 &= \frac{33}{B_{max}} \\ k_2 &= 33 \cdot t_{min} \\ k_3 &= 33 \cdot T_{min} \end{aligned} \quad (3)$$

При выбранном подходе к расчету, при дальнейшем анализе и выборе заданий для разработки следует отдавать предпочтение тем, которые набирают бОльшие значения $F(z)$.

Пример расчета

Для демонстрации предлагаемого способа оценки возьмем реальный игровой пример соревнований Евробот 2017 [1]. В этом году участникам предлагается выполнить 3 самостоятельных задания на тестовом полигоне (как их сформулировали организаторы): «Сбор ресурсов», «Создание базы на Луне» и «Смешное действие» (Рис.3). Для справки поясним, что мы принимаем к анализу, что в матче одновременно участвуют 2 соперничающих друг с другом робота, по одному от каждого разработчика.

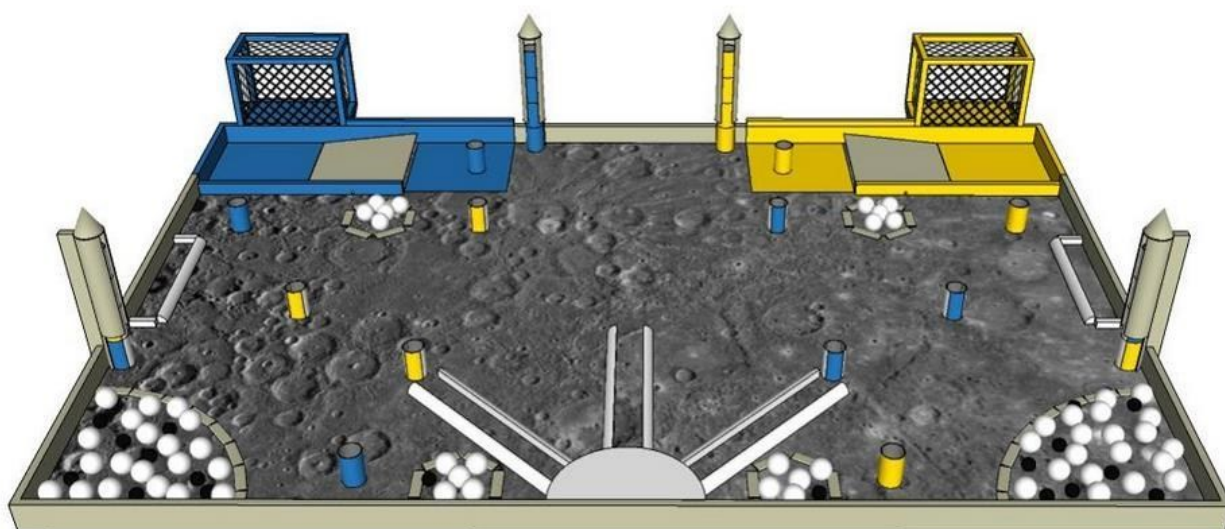


Рис. 3 – тестовый полигон для соревнований с игровыми элементами в исходных положениях

Сразу оговоримся, что организаторы в этом году смешали одни и те же игровые элементы в разных заданиях так, что игровой элемент может принести разное количество баллов при разных допустимых способах решения заданий. Кроме того, в одном задании могут быть и соревновательные и квалификационные составляющие. Это приводит к много-многозначному соответствию между оценкой максимальных баллов за задание и выбранным способом решения.

Анализ в данном случае можно провести по-разному: либо исходить из имеющихся игровых элементов и найти максимумы баллов для типов игровых элементов (это сокращает учитываемое количество различных технических решений), либо провести избыточный анализ, расширив первый вариант учетом допускаемых правилами способов решения заданий. Выберем второй вариант, поскольку он лучше отразит возможность выбора технического решения. Мы не сможем учесть промежуточные варианты выполнения заданий, когда часть задания выполняется одним способом, а другая часть – другим, поскольку таковых слишком много для предложенного способа. В нашем случае мы определим лишь граничные точки, некоторые из которых будут экстремумами по функции распределения баллов.

Получившиеся оценочные задания по игровым элементам также разделим на квалификационные и соревновательные, если таковое возможно. Для оценки параметров

игрового элемента в целом следует суммировать значения соответствующих параметров по квалификационной и соревновательной составляющей.

Оценочные задания по способу решения не делим на квалификационную и соревновательную части, а учитываем вклад обеих. Результаты сведены в Табл.2.

Табл. 2 – пример оценки заданий робота

	«Смешное действие»	«Руда»	«Лунные модули»	«Лунные модули»	«Шлюз»	«Грузовой отсек»
Тип задания	Квалиф.	Сорев.	Квалиф.	Сорев.	Кв.+Сор.	Кв.+Сор.
Макс. кол-во баллов	20	180	70	140	20	180
Время выполнения задания роботом [с]	2	75	50	110	25	75
Время создания устройства для решения [ч]	10	30	50		30	30

Максимальное количество баллов по каждому заданию основывается на расчете общего числа элементов на тестовом полигоне. Руда полезная – 60 шт., руда бесполезная – 18 шт., модуль индивидуальный – 7 шт., модуль общий – 14 шт.

При размещении в шлюзе засчитывается только 10 игровых элементов, которые приносят: руда полезная – 2 балла, руда бесполезная (подсчитывается в первую очередь) – 0 баллов, модуль индивидуальный – 2 балла, модуль общий – 2 балла.

При размещении в грузовом отсеке игровые элементы приносят: руда полезная – 3 балла, руда бесполезная – 0 баллов, модуль индивидуальный – 0 баллов, модуль общий – 0 баллов.

При постройке лунных модулей, каждый из них приносит по 10 баллов.

Представленные оценки по выполнению и времени создания устройств для решения заданий соответствуют уровню одной из робототехнических команд Объединенного Студенческого Конструкторского Бюро [3], обучающейся в Центре Технического Образования [4].

Максимально возможное количество баллов, которое можно получить на тестовом полигоне:

$$L_{max} = 20 + 180 + 70 + 140 = 410 \quad (4)$$

Минимально необходимое количество баллов для заведомой победы в матче с противником:

$$L_{min} = 20 + \frac{180}{2} + 70 + \frac{140}{2} + 1 = 251 \quad (5)$$

Проведем расчет интегральной оценки по каждому заданию, для этого сначала рассчитаем нормировочные коэффициенты по системе формул (3):

$$k_1 = \frac{33}{B_{max}} = \frac{33}{180} = 0.183$$

$$k_2 = 33 \cdot t_{min} = 33 \cdot 2 \text{ с} = 66 [с] \quad (6)$$

$$k_3 = 33 \cdot T_{min} = 33 \cdot 10 \text{ ч} = 330 [ч]$$

Интегральная оценка по каждому заданию (задание 3 и 4 выполняются одним и тем

же механизмом, поэтому время создания устройства условно делим пополам для каждого из заданий):

$$F(1) = 20 \cdot 0.183 + \frac{66}{2} + \frac{330}{10} = 3.7 + 33 + 33 \approx 70$$

$$F(2) = F(6) = 180 \cdot 0.183 + \frac{66}{75} + \frac{330}{30} = 32.94 + 0.88 + 11 \approx 45$$

$$F(3) = 70 \cdot 0.183 + \frac{66}{50} + \frac{330}{25} = 12.81 + 1.32 + 13.2 \approx 27 \quad (7)$$

$$F(4) = 140 \cdot 0.183 + \frac{66}{110} + \frac{330}{25} = 25.62 + 0.6 + 13.2 \approx 39$$

$$F(5) = 20 \cdot 0.183 + \frac{66}{25} + \frac{330}{30} = 3.7 + 2.64 + 11 \approx 17$$

Результаты расчетов поместим в общую таблицу для сопоставления результатов (Табл.3).

Табл. 3 – пример оценки заданий робота (итоговая таблица)

	«Смешное действие»	«Руда»	«Лунные модули»	«Лунные модули»	«Шлюз»	«Грузовой отсек»
Тип задания	Квалиф.	Сорев.	Квалиф.	Сорев.	Кв.+Сор.	Кв.+Сор.
Макс. кол-во баллов	20	180	70	140	20	180
Время выполнения задания роботом [с]	2	75	50	110	25	75
Время создания устройства для решения [ч]	10	30	50		30	30
F(z)	70	45	27	39	17	45

Рекомендованная последовательность выбора задач для разработки робота для соревнований Евробот 2017 (первым преступать к заданию слева) представлена в Табл.4.

Табл. 4 – рекомендованная последовательность разработки робота

	«Смешное действие»	«Руда»	«Грузовой отсек»	«Лунные модули»	«Лунные модули»	«Шлюз»
Тип задания	Квалиф.	Сорев.	Кв.+Сор.	Сорев.	Квалиф.	Кв.+Сор.
F(z)	70	45	45	39	27	17

Задание «Руда» и «Грузовой отсек» совпали и могут быть объединены в одно задание.

Полученное решение оценим, исходя из максимального времени матча соревнований Евробот 2017 (95 секунд) и учетом равного соперника в соревновательных заданиях. Получим следующее приближение для рассматриваемой команды: 20 баллов за задание №1 + 90 баллов за задание №2 дает 110 баллов при временных затратах около 40 секунд. Остается 55 секунд, за которые робот может решить задание №3 как раз к завершению матча. Итого 110 + 70 = 180 баллов за матч будет потенциально набирать этот робот, что несколько меньше расчетного значения L_{min} , а это значит, что успех этого робота будет зависеть от уровня выступающих против него соперников, а победа ему не гарантирована.

Заключение

Представленный способ оценки позволяет однозначно выбрать последовательность разработки устройств мобильного робота для решения соревновательных задач и, что видится авторам очень важным, аргументировать подобный выбор.

Данный способ отнюдь не идеален, предложенная таблица оценки неполна, в ней не учтены многие важные факторы разработки и в дальнейшем представленная модель может быть уточнена в этой части.

Кроме того, можно было бы уточнить способ подсчета времени разработки и времени выполнения заданий. В данной и в предыдущих статьях мало внимания уделялось составляющим указанных временных промежутков.

Для улучшения прогноза результата выступления команды в соревнованиях необходимо уточнить технические решения, провести испытания устройств, выполняющих выбранные командой задания и обновить оценку временных затрат.

Список информационных источников

1. Правила молодежных соревнований роботов Евробот 2017: «Город на Луне», основной текст правил: Пер. с англ. с дополнениями НОК Евробот России. / Общ. ред. А.Ю.Вождаева. – М.: Национальный организационный комитет Евробот России, 2016. – 33с., ил. Режим доступа: <http://eurobot-russia.org/main/eurobot-2017> – Проверено 10.02.2017г.
2. Алексеев Д.А. Телеуправляемый мобильный робот для ряда практических задач // Сборник научных трудов. 17-ая молодежная научно-техническая конференция "Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы 2015". – М.: изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 22-23 апреля 2015 г. – с.221-229.
3. Сайт Объединенного Студенческого Конструкторского Бюро. Режим доступа: <http://class.skycluster.net> – Проверено 10.02.2017г.
4. Сайт ГБПОУ «Воробьевы горы». Режим доступа: <http://vg.mskobr.ru> – Проверено 10.02.2017г.
5. Vlasov A., Yudin A. DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM IN MOBILE ROBOT APPLICATION: GENERAL APPROACH, REALIZATION AND USAGE // Communications in Computer and Information Science. 2011. Т. 156 CCIS. С. 180-192.
6. Salmina M., Kuznetsov V., Poduraev Y., Yudin A., Vlasov A., Sukhotskiy V., Tsibulin Y. CONTINUOUS ENGINEERING EDUCATION BASED ON MECHATRONICS AND DIGITAL FABRICATION // Proc. 6th International Conference on Robotics in Education 2015. С. 56-57.
7. Yudin A., Vlasov A., Kolesnikov M. MECHATRONIC DEVICE TO REPRODUCE VIRTUAL IMAGE ON MATERIAL PLANE // Proc. 6th International Conference on Robotics in Education 2015. С. 35-39.
8. Yudin A., Kolesnikov M., Vlasov A., Salmina M. PROJECT ORIENTED APPROACH IN EDUCATIONAL ROBOTICS: FROM ROBOTIC COMPETITION TO PRACTICAL APPLIANCE // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2017. Т. 457. С. 83-94.