ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 60.0.0.13— 2023

Роботы и робототехнические устройства

ГРУППОВОЕ УПРАВЛЕНИЕ РОБОТАМИ

Общие положения, основные понятия, термины и определения

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2023

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным автономным научным учреждением «Центральный научно-исследовательский и опытно-конструкторский институт робототехники и технической кибернетики» (ЦНИИ РТК)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 141 «Робототехника»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 сентября 2023 г. № 855-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2023

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 1
4 Общие положения 3
5 Основные понятия 3
Библиография 6

Введение

Требования стандартов комплекса ГОСТ Р 60 распространяются на роботы и робототехнические устройства. Их целью является повышение интероперабельности роботов и их компонентов, а также снижение затрат на их разработку, производство и обслуживание за счет стандартизации и унификации процессов, интерфейсов, узлов и параметров.

Стандарты комплекса ГОСТ Р 60 представляют собой совокупность отдельно издаваемых стандартов. Стандарты данного комплекса относятся к одной из следующих тематических групп: «Общие положения, основные понятия, термины и определения», «Технические и эксплуатационные характеристики», «Безопасность», «Виды и методы испытаний», «Механические интерфейсы», «Электрические интерфейсы», «Коммуникационные интерфейсы», «Методы моделирования и программирования», «Методы построения траектории движения (навигация)», «Конструктивные элементы». Стандарты любой тематической группы могут относиться как ко всем роботам и робототехническим устройствам, так и к отдельным группам объектов стандартизации — промышленным роботам в целом, промышленным манипуляционным роботам, промышленным транспортным роботам, сервисным роботам в целом, сервисным манипуляционным роботам, сервисным мобильным роботам, а также к морским робототехническим комплексам.

Настоящий стандарт относится к тематической группе «Общие положения, основные понятия, термины и определения» и распространяется на все роботы и робототехнические устройства.

Настоящий стандарт определяет термины, основные понятия и общие положения, используемые в отношении групп роботов, работающих как в промышленной, так и в непромышленной средах.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Роботы и робототехнические устройства

ГРУППОВОЕ УПРАВЛЕНИЕ РОБОТАМИ

Общие положения, основные понятия, термины и определения

Robots and robotic devices. Group control of robots.
General principles, basic concepts, terms and definitions

Дата введения — 2024—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает общие положения, основные понятия, термины и определения в области группового управления роботами.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использована нормативная ссылка на следующий стандарт:
ГОСТ Р 60.0.0.4/ИСО 8373:2021 Роботы и робототехнические устройства. Термины и определения

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячно издаваемого информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 60.0.0.4, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1

агент (agent): Физический/программный объект, который оценивает собственное состояние, состояние других объектов и окружающей среды для выполнения своих действий, включая прогнозирование и планирование, которые максимизируют успешность, в том числе при неожиданном изменении оцениваемых состояний, достижения своих целей.

[ГОСТ Р 59277—2020, пункт 3.4]

Примечание — В контексте настоящего стандарта любой робот является агентом.

Издание официальное

3.2 **группа роботов:** Несколько роботов, организованных для достижения по крайней мере одной общей цели.

3.3 **групповая миссия:** Заданное в общем виде описание желаемого результата выполнения действий группы роботов.

Примечание — Групповая миссия формируется в результате планирования работы группы (см. 3.10).

3.4 **групповой сценарий:** Алгоритм, описывающий процесс выполнения целенаправленных действий группы роботов для достижения некоторой локальной групповой цели.

3.5 **групповое управление:** Управление, обеспечивающее согласованное выполнения группой роботов общей задачи.

3.6 **групповая задача:** Формализованное описание желаемого результата выполнения действий группы роботов.

3.7

интероперабельность (interoperability): Способность двух или более информационных систем или компонентов к обмену информацией и к использованию информации, полученной в результате обмена.

[ГОСТ Р 55062—2021, пункт 3.1.8]

3.8

многоагентная система (multiagent system): Система, состоящая из множества взаимодействующих интеллектуальных агентов. Многоагентные системы могут решить проблемы, которые трудны или невозможны для отдельного агента или для единой (монолитной) системы.

[ГОСТ Р 59277—2020, пункт 3.31]

3.9 **оптимальное [рациональное] управление группой:** Управление, которое вносит максимально возможный вклад в достижение общей цели или, иными словами, дает максимально возможное приращение целевого функционала в соответствии с выбранными критериями эффективности.

3.10 **планирование работы группы:** Декомпозиция поставленной задачи на типовые частные задачи, с последующим определением последовательности действий и распределением среди агентов задач, полученных в результате декомпозиции, с учетом заданных (выбранных) критериев эффективности выполнения задачи.

Пример — Планирование траектории движения мобильных роботов при их перемещении к заданным целевым точкам.

3.11 **проактивность:** Способность агента генерировать цели и действовать рациональным образом для их достижения.

3.12 **реактивность:** Адекватное восприятие агентом свойств окружающей среды и релевантные реакции на ее изменения.

3.13 **реконфигурация группы:** Действия по адаптации конфигурации определенных параметров группы роботов вследствие изменения текущих (прогнозных) условий выполнения групповой миссии.

3.14 **самоорганизация группы роботов:** Процесс автономного формирования оптимальной (рациональной) структуры и оптимального (рационального) алгоритма ее функционирования в соответствии с поставленной групповой целью, некоторым критерием качества и внешними условиями.

3.15 **социальность:** Способность агента к взаимодействию и коммуникации с другими агентами для достижения общих целей.

3.16 **стратегия группового управления:** Общие принципы и правила управления группой и принятия ею решений для достижения групповых задач.

3.17 **управление:** Совокупность целенаправленных действий, включающая оценку ситуации и состояния объекта управления, выбор управляющих воздействий и их реализацию для обеспечения выполнения некоторой задачи.

3.18 **целеполагание:** Формализованное определение понятия целей и правила их обнаружения, совершение выбора одной либо нескольких целей с определением параметров позволительных допустимых отклонений для контроля над процессом реализации и планированием оптимальной (в некотором смысле в соответствии с выбранным критерием) стратегии достижения целей.

3.19 **целераспределение:** Оптимальное (рациональное) распределение целевых объектов между элементами группы роботов для получения максимума эффективности применения (воздействия) в соответствии с заданными критериями эффективности.

3.20 **цель деятельности:** Желаемый результат процесса деятельности.

3.21 **эмерджентность:** Наличие у системы или группы свойств, которые наблюдаются только на метауровне и не устанавливаются из наблюдения за индивидуальным поведением элементов этой системы или группы.

Примечание — Иными словами, эмерджентность — это динамическое проявление глобального порядка, структуры, свойства или другого паттерна на макроуровне как интегрального результата локальных взаимодействий элементов системы. Примером эмерджентности является движение роя или стаи.

4 Общие положения

4.1 Группы роботов могут состоять из промышленных или сервисных роботов.

4.2 Группы промышленных роботов создают для согласованного выполнения комплексной технологической операции, например для скоординированной работы манипуляционного технологического и погрузочно-разгрузочного оборудования.

4.3 Группу сервисных роботов, как правило, формируют с целью обеспечения преимуществ при выполнении широкого круга прикладных задач, а именно:

- обеспечение большего радиуса действий;
- расширение набора выполняемых функций;
- повышение вероятности выполнения задания, достигаемой за счет возможности перераспределения целей между роботами группы в случае выхода из строя некоторых из них [1].

4.4 Групповая робототехника представляет собой прикладную область, занимающуюся изучением координации действий взаимодействующих роботов в процессе выполнения общей задачи.

4.5 По составу группы роботов подразделяют на гомогенные и гетерогенные. Гомогенная группа роботов — группа, которая состоит из одинаковых взаимодействующих роботов. Гетерогенная группа роботов состоит из двух и более взаимодействующих роботов, из которых по крайней мере два отличаются друг от друга. Гетерогенные группы, кроме роботов, также могут включать в себя технические средства, управляемые операторами-людьми.

4.6 По уровню координации группы роботов подразделяют на централизованные с назначенным лидером, централизованные с выбираемым лидером и распределенные. В группе с назначенным лидером за работу группы отвечает робот-лидер. В группе с выбираемым лидером его динамически выбирают в процессе выполнения миссии в зависимости от текущей ситуации в группе и от параметров окружающей среды. В распределенной группе каждый член группы выполняет согласованный протокол взаимодействия при автономном принятии решений. В процессе выполнения миссии характер координации может изменяться.

5 Основные понятия

5.1 Стратегии группового управления

5.1.1 Централизованная стратегия группового управления — организация управления группой, основанная на иерархии, в которой основную роль играет центральное устройство управления.

5.1.1.1 Централизованная единоначальная стратегия группового управления — организация управления группой, при которой:

- вся информация о текущем состоянии целевой функции и информация от членов группы поступает центральному устройству управления;
- все члены группы имеют каналы связи только с центральным устройством управления;
- все действия, необходимые для достижения цели, планируются центральным устройством управления, а необходимые команды передаются членам группы по каналам связи.

Пример — Группа промышленных роботов, выполняющих конвейерные технологические операции.

5.1.1.2 Централизованная иерархическая стратегия группового управления — организация управления группой, при которой:

- кроме центрального устройства управления существуют нижестоящие центры, на которых замыкается информационный обмен с подгруппами, создаваемыми в рамках группы роботов;

- вся информация о текущем состоянии целевой функции поступает центральному устройству управления;
- информация о состоянии членов группы поступает на устройства управления нижнего уровня, подчиненные центральному;
- все члены группы имеют каналы связи только с одним устройством управления нижнего уровня;
- все действия, необходимые для достижения цели, планируются центральным устройством управления с учетом разделения группы на подгруппы и передаются для исполнения центрам управления нижнего уровня;
- необходимые команды передаются членам группы по каналам связи от соответствующих центров управления нижнего уровня.

Пример — Согласованное управление технологическими участками гибкого автоматизированного производства.

5.1.2 Децентрализованная стратегия группового управления — организация управления группой в отсутствие строгой иерархии уровней управления.

5.1.2.1 Децентрализованная коллективная стратегия группового управления — организация управления группой, при которой:
- каждый член группы имеет полную модель взаимодействия со всеми другими членами группы, полную модель ситуации и информационный канал связи со всеми другими членами группы;
- на основании имеющихся моделей член группы выбирает такое действие, которое направлено на оптимальное (рациональное) преобразование текущей ситуации в целевую при фиксированных действиях и состояниях других членов группы;
- информация о выбранном действии каждого члена группы сообщается всем остальным членам группы.

Пример — Футбол роботов.

5.1.2.2 Децентрализованная роевая стратегия группового управления — организация управления группой, при которой:
- каждый член группы роботов обладает моделью взаимодействия с ограниченной подгруппой в пределах группы, моделью ситуации в своей подгруппе;
- на основании имеющихся моделей член группы выбирает такое действие, которое при фиксированных действиях других ее членов направлено на достижение целевой ситуации;
- в пределах подгруппы осуществляется итерационная оптимизация групповых действий до тех пор, пока никакие новые действия не приводят к улучшению результата.

Ключевыми свойствами группы с роевой системой управления являются сопоставимые размеры элементов группы роботов и расстояний между ними.

5.2 Групповая коммуникация

5.2.1 В группе роботов должны быть предусмотрены следующие коммуникативные функции:
- уведомление о задании, направляемое роботам, которые могут быть востребованы для решения задачи. Содержанием передаваемой информации являются атрибуты задания (координаты проведения работ, тип сценария, план и т.д.);
- информирование о выполнении задачи. Содержанием передаваемой информации являются данные о состоянии выполнения задания и частные результаты, подлежащие комплексированию и обобщению (например, локальные результаты построения цифровых моделей местности и объектов, используемые для генерации общей карты);
- данные непосредственного управления отдельными элементами группы;
- данные о состоянии элементов группы.

5.2.2 Коммуникативные функции в группе роботов реализуются посредством следующих моделей взаимодействия:
- глобальная модель;
- локальная модель;
- эпидемическая модель.

5.2.3 Глобальная коммуникационная модель — это централизованная модель информационного обмена, в которой:
- реализован алгоритм множественного доступа с временным разделением (англ. Time Division Multiple Access, TDMA);

- роботы передают информацию в пределах регулируемого временного интервала. Временные интервалы назначают роботам по очереди — либо централизованным менеджером, либо методом передачи маркеров (токенов);

- связь синхронизирована для всех роботов.

5.2.4 Локальная коммуникационная модель — это иерархическая модель, которая предполагает разбиение группы на подгруппы, находящиеся в пределах ограниченной территории и решающие достаточно независимые задачи.

5.2.5 Эпидемическая коммуникационная модель — это децентрализованная модель информационного обмена, при которой любая новая информация передается любым членом группы всем остальным членам группы, с которыми установлена связь.

5.2.6 По механизму реализации групповые коммуникации подразделяют на непосредственные и опосредованные.

5.2.6.1 Непосредственная коммуникация между членами группы осуществляется путем передачи сообщений.

5.2.6.2 Опосредованная коммуникация между членами группы осуществляется с помощью механизма «доска объявлений».

Библиография

[1] Капустян С.Г. Системы управления интеллектуальных мобильных роботов для исследовательских и промышленных работ/Каляев И.А., Капустян С.Г., Усачев Л.Ж., Стоянов С.В. // Наука — производству, 1999. — № 11. — С. 28—32

УДК 621.865.8:629.78:006.354

ОКС 25.040.30
35.060
01.040.35

Ключевые слова: роботы, робототехнические устройства, групповое управление, основные понятия, термины и определения

Редактор *Н.В. Таланова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Р.А. Ментова*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 25.09.2023. Подписано в печать 26.09.2023. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,40. Уч.-изд. л. 0,60.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru