

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»
Кузбасский научный центр Сибирского отделения
Академии инженерных наук имени А.М. Прохорова
Кемеровское региональное отделение САН ВШ
АО «Евраз - Объединённый Западно-Сибирский
металлургический комбинат»**

**СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ
В ОБРАЗОВАНИИ, НАУКЕ
И ПРОИЗВОДСТВЕ
AS' 2017**

**ТРУДЫ XI ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ
*(с международным участием)***

**Новокузнецк
2017**

С 409 Системы автоматизации в образовании, науке и производстве : Труды XI Всероссийской научно-практической конференции / Сиб. гос. индустр. ун-т ; под общ. редакцией С.М. Кулакова, Л.П. Мышляева. - Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2017. - 475 с., ил.

ISBN 978-5-7806-0502-7

Труды конференции посвящены научным и практическим вопросам автоматизации управления технологическими процессами и предприятиями, социально-экономическими системами, образованием и исследованиями. Представлены результаты исследования, разработки и внедрения методического, математического, программного, технического и организационного обеспечения систем автоматизации и информационно-управляющих систем в различных сферах деятельности.

Сборник трудов ориентирован на широкий круг исследователей, научных работников, инженерно-технический персонал предприятий и научно-исследовательских лабораторий, преподавателей вузов, аспирантов и студентов.

Организации, поддержавшие конференцию:

ОК «Сибшахтострой» (г. Новокузнецк),
ЗАО «Стройсервис» (г. Кемерово),
ООО «Центр сварки и контроля» (г. Кемерово),
ООО «Научно-исследовательский центр систем управления» (г. Новокузнецк),
ООО «Синерго СОФТ СИСТЕМС» (г. Новокузнецк).

Конференция проведена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 17-07-20581.

ISBN 978-5-7806-0502-7

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2017

петрофизических параметров / А.И. Кобрунов, В.Е. Кулешов, А.С. Могутов, А.Н. Художилова // Вестник института Геологии КомиНЦ УРО РАН. – 2011. – №9, сентябрь. – С. 18-24.

3. Кобрунов А.И. Адаптация метода нечётких петрофизических композиций для определения подсчётных параметров Низевого месторождения / А.И. Кобрунов, В.Е. Кулешов, А.С. Могутов // Нефтегазовое дело: электронный научный журнал. – 2011. – №6. – С. 307-315. URL: http://www.ogbus.ru/authors/Kobrunov/Kobrunov_1.pdf.

4. Кобрунов А.И. Повышение достоверности подсчёта запасов углеводородов на основе метода нечётких петрофизических композиций / А.И. Кобрунов, В.Е. Кулешов, А.С. Могутов // SPE – 162038. 11. Самарский, А.А. Математическое моделирование / А.А. Самарский, А.П. Михайлов. – М. : Физ-мат. лит., 2002. – 316 с.

5. Фаулер М. Предметно-ориентированные языки программирования. – Вильямс, 2011. – 657с.

К ВОПРОСУ ПОСТРОЕНИЯ ШАГАЮЩИХ РОБОТОВ И ВЫБОРА ВАРИАНТОВ ИХ ПОХОДКИ

Добрынин А.С., Койнов Р.С., Кулаков С.М., Андрианов О.Н.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, Россия*

Концептуальные элементы передвижения (походки) робота

Важно отметить, предлагаемые в статье подходы и идеи опираются на элементы подобию робототехнических шагающих устройств биологическим существам. Таким образом, реализуется управление, связанное с изменением координат и углов, в частности, движение вперед реализуется приращением координаты y в пространстве (x, y, z) . Повороты, резкие или плавные, обеспечиваются приращением координат $(\Delta x, \Delta y)$ в долях от длины шага. Можно упрощенно выразиться так: один шаг конструкции представляет собой набор состояний необходимых для перемещения всех ног и корпуса на приращение относительно ранее отработанного положения. Как конкретно перемещаются ноги и корпус робота – это уже другой вопрос. Здесь важно понимать, что стили и способы походки могут существенно отличаться друг от друга, как у людей, так и у механизмов. При этом, задание на новое положение координат может быть указано в соответствии с выражением:

$$POINT_{leg}(x_new, y_new, z_new) \rightarrow POINT_{leg}(x + dx, y + dy, z + dz) \quad (1)$$

Выражение (1) описывает всего лишь принцип походки, когда один шаг – это просто множество новых координат покоя для каждой ноги робота, при этом величины dx , dy , dz позволяют также определить возможные «промежуточные» состояния. Они необходимы для движения, к примеру, поднимая ногу вверх, робот проходит одну пятую (или одну треть) часть от расстояния dx .

Конечная же задача движения робота заключается в *получении углов поворота всех исполнительных механизмов для каждой стадии конечного автомата*. Таким образом, на практике недостаточно знать начальное и конечное положение координат ног робота при походке, нужно рассчитать также и все промежуточные состояния, которые описывают подъёмы ног, их перемещения в пространстве, опускания ног на новые координаты. Фактически, добавление «промежуточных» состояний при движении также позволяет обеспечить плавность и непрерывность перемещения всей конструкции, снижая риск поломки при резких движениях. На примере конкретной, шестиногой конструкции шагохода рассмотрим возможный подход к описанию (идентификации) ног в некотором программном или модельном комплексе. Идентификаторами могут служить уникальные целые числа, с возможностью получения объекта по идентификатору (`getByID`) или по имени (`getByName`) (рисунок 1).

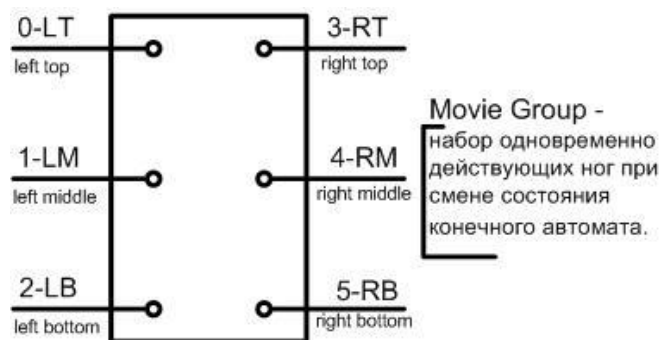


Рисунок 1 - Программное описание (обозначение) отдельных ног робота

Рассматривая *конечный автомат*, как набор следующих друг за другом *стадий походки (состояний)* робота, с обязательным возвращением на один из начальных этапов, очень важно подчеркнуть, что концептуально можно выделить два типа таких автоматов:

а) Конечный автомат без учета параметров внешней среды. Самый простейший способ перемещения в пространстве без учета обратной связи.

б) Конечный автомат с измерением параметров внешней среды. Отличается от предыдущего дополнительным вводом одного или нескольких дополнительных состояний или псевдосостояний, предназначенных для оценки самой среды и выбора способа движения.

Стоит отметить, что на выбор сценария движения робота и его программной реализации накладываются существенные, жёсткие ограничения возможности используемого «железа» и компонентов интегрированной электроники, когда может не хватить производительности, объема оперативной памяти под переменные, для реализации сложной логики. К примеру, аппаратно-программная платформа Arduino бюджетного рыночного сегмента задействует больше половины своего адресного пространства под символы даже, при реализации простейших, примитивных сценариев движения шагохода, показывая резкое падение производительности при увеличении количества одновременно работающих каналов передачи данных в режиме реального времени. Это плохо и, в конечном итоге, не позволяет создавать сложные программные скетчи с развитой логикой управления непосредственно в контроллере.

Рассмотрим частный пример конкретной диаграммы конечного автомата, для простейших случаев (рисунок 2 а, б).

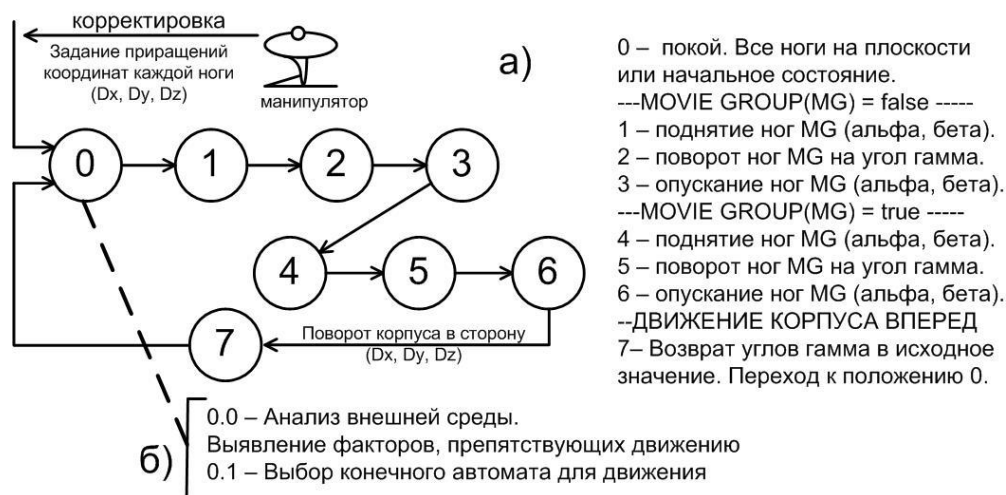


Рисунок 2 - Пример конечного автомата «запаздывающей» походки

Представленный на рисунке пример содержит 7 узлов (состояний) и 8 переходов – это сильно упрощенный частный случай того, что может быть реализовано в реальности, в виде управляющей программы шагающего робота. Рассматриваемый частный случай описывает один вариант походки «ногами вперед» из бесчисленного множества самых разнообразных

способов передвижения людей, животных и т.д. По сути, на рисунке 2 представлена «запаздывающая» походка, когда корпус движется в самую последнюю очередь. Разберем более подробно основные элементы управляющей программы, которая включает в себя:

1) Модуль инициализации одного или нескольких конечных автоматов (в зависимости от количества реализуемых сценариев движения в программе). Установка осей координат в центр конструкции (0,0,0). Установка координат каждой ноги робота относительно центра конструкции. Инициализация текущих координат каждой ноги координатами покоя. Описание «сторожевых условий» (border expressions) как указателей на функции (возможно, делегатов void*) от анализа окружающей среды.

2) Модуль получения данных от манипулятора. В качестве манипулятора может использоваться мышь, геймпад, игровой джойстик и не только. Обычно, производители железа, такие как Microsoft, Sony используют уровень дискретизации сигнала не более 1,2 байт. Их вполне достаточно для любых практических задач, это позволяет кодировать положение всех рычагов манипулятора (осей движения), в диапазоне [0, 65535] и кнопок [0,1], при этом положение покоя одной оси манипулятора обычно соответствует целому числу без знака (машинное слово) - 32768.

3) Модуль обработки состояний или петлевой (loop) логики. На практике реализуется аналогично современным промышленным контролерам разных производителей (Omron, Siemens). Программа петлевой логики представляет собой бесконечный цикл, в котором искусственно введены задержки (delays) или без них. В процессе обработки цикла осуществляется переход на новую стадию конечного автомата, отправка всех управляющих сигналов сервоприводам и анализ сторожевых условий (border expressions), с возможностью замены логики управления.

Классы и виды походок шагающих роботов

Собственно, походка представляет собой набор следующих друг за другом стадий, какого-либо конечного автомата, который может быть очень простым (до 10 стадий, см. рисунок 2) или сложным (10 – 20 различных стадий). Робот может реализовывать один или несколько видов движения (походки), менять их при выполнении определенных сторожевых условий (border expressions), однако, основные ограничения здесь связаны с возможностью электроники и пропускной способностью каналов связи. Переменным требуется память, обработка большого количества вычислений не может быть выполнена системой реального времени с низким быстродействием и т.д. Чудес не бывает, реализация любого «замысловатого» сценария приводит в итоге к падению производительности всей системы в целом.

Предлагаемая авторами классификация походок основана на двух важных принципах:

а) Ограниченности передвижения отдельной ноги робота. Очень важный принцип, поскольку исполнительные механизмы могут выполнять резкие повороты, ноги могут цепляться друг за друга, резкие движения в крайние положения приводят к потере равновесия. Таким образом, производится сознательное урезание всего пространства координат для свободного движения ноги.

б) Способу перемещения корпуса шагающего устройства.

Таким образом, все возможные типы и способы походок шагающих роботов мы можем классифицировать как:

а) Походки полного или неполного шага (в зависимости от процента падения объема сферы, по сравнению с полностью вытянутой ногой).

б) Походки с «упреждающим», «равномерным» и «запаздывающим» движением корпуса, когда корпус может двигаться в самом начале, равномерно с ногами или в конце.

Авторами были проведены исследования и разработаны конечные автоматы для различных стилей походок. Моделирующий комплекс для шагающих устройств позволяет осуществлять тестирование разных походок, на основе визуально – задаваемых конструктивных параметров, включая размеры, длины отрезков ног, высоту и т.д, а также получать весь перечень углов для всех сервоприводов, на каждой стадии конечного автомата, посредством

обычных математических расчетов. Эти углы (18 значений для шестиногой конструкции) могут передаваться непосредственно от манипулятора прошитой в железе управляющей программе. Таким образом, появляется возможность использовать разные пути для дистанционного управления, на базе стандартов Wi-Fi, Bluetooth или обычного аналогового радио.

На рисунке 3 показаны стадии конечного автомата для запаздывающей (движение корпуса в последнюю очередь) и равномерной походки робота, которые насчитывают разное количество стадий.

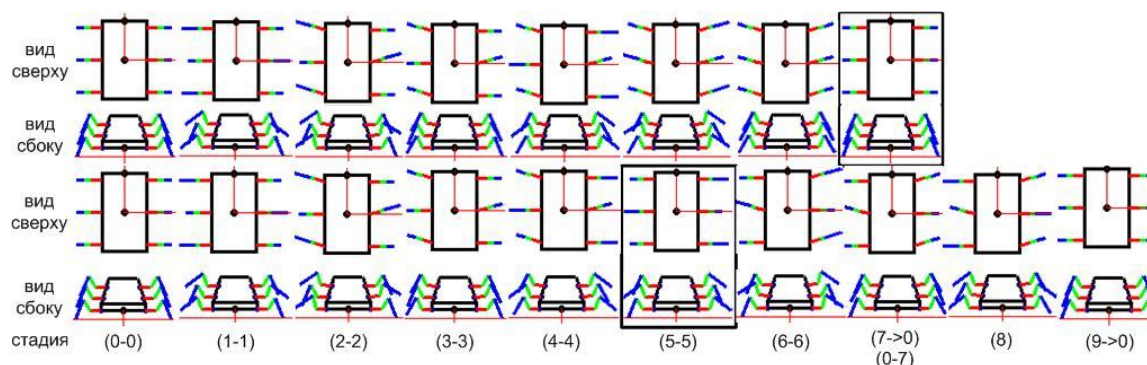


Рисунок 3- Примеры конкретных стадий конечных автоматов

Как можно заметить, на рисунке обведены жирной линией те стадии передвижения робота, на которых осуществляется движение корпуса. Фактически, различные вариации походок ограничиваются только фантазией разработчика и инструментальными возможностями платформ с интегрированной электроникой. Выбор конкретного варианта реализации также остается на усмотрение разработчика, который должен иметь собственное видение задач, которые необходимо решить в конечном итоге. Однако, статья дает хорошую стартовую точку для движения вперед и реализации сложных устройств в области промышленной робототехники, с развитой логикой анализа окружающей среды.

Следует отметить, что приведенные в статье примеры – это упрощенные частные случаи (пригодные для бюджетной электроники), которые могут использоваться в качестве прототипов при построении сложных систем, на базе качественных дорогостоящих высокопроизводительных компонентов интегрированной электроники различных фирм (Siemens, National Instruments, Arduino и т.д.). Упрощенное изложение материала имеет единственную цель – представить самую суть подхода в максимально понятной форме без упоминания многочисленных технических деталей, которые сопровождают любой нетривиальный проект.

Заключение

Доклад рассматривает моделирование шагающих устройств, на основе концепции конечного автомата. Конечный автомат – это абстракция, по сути, набор стадий (или состояний) между которыми осуществляются переходы, возможно, с использованием сторожевых условий. Авторы приводят рекомендации, которые позволяют конкретизировать абстрактную концепцию конечного автомата применительно к практической робототехнике, в частности, к шагающим устройствам. Описываются не абстрактно придуманные, а реально работающие модели конечных автоматов, которые могут быть впоследствии усовершенствованы.

В докладе приведены конкретные, опробованные на практике примеры конечных автоматов, пригодные для создания шагающих устройств любой сложности.

Библиографический список

1. В.А. Иванов, В.С. Медведев. Математические основы теории оптимального и логического управления. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 600 с.
2. С.Л. Зенкевич, А.С. Ющенко Основы управления манипуляционными роботами: учебник для вузов.– 2-е изд., исправ. и доп. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2004.– 480 с.

3. С.А. Воротников Информационные устройства робототехнических систем. М.:Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 384 с.

4. Проектирование систем приводов шагающих роботов с древовидной кинематической системой: Учебное пособие для вузов / Каргинов Л.А., Ковальчук А.К., Кулаков Д.Б. [и др.] М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. 116 с.

5. Ардуино [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://arduino.ru/> (дата обращения: 22.12.2016).

6. Радионов А.А. Электрооборудование и электроавтоматика [Текст] / А.А. Радионов. – Магнитогорск, 2011. – 126 с.

О ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ШЕСТИНОГО РОБОТА

Добрынин А.С., Койнов Р.С., Андрианов О.Н.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, Россия*

Синтез шагающих устройств на базе типовых элементов

Пригодная для большинства практических случаев конструкция робота-шагохода должна обеспечивать требуемое движение по поверхности с заданной точностью и скоростью, а также передачу управляющих сигналов в режиме реального времени всем исполнительным механизмам (сервоприводам) ног. Отдельная нога робота должна предусматривать необходимое количество степеней свободы для комфортного движения. С другой стороны увеличение количества степеней свободы для ног приводит к росту размерности управляющего сигнала на каждую ногу и, как следствие, к росту вычислений в реальном масштабе времени, что требует в итоге более дорогой и высокопроизводительной микропроцессорной техники, а также скоростных каналов передачи данных. Конструкция ноги шагающего устройства может проектироваться по образу и подобию биологических ног млекопитающих или насекомых, что является разумным подходом с точки зрения затрат и эффективности для небольших бюджетных решений в области робототехники.

Подходы к управлению робототехническими устройствами рассматриваются в работах [1,2]. Важным аспектом проектирования контура передачи управляющего сигнала и принципиальных электрических схем является выбор способа управления робототехническим устройством [3,4]. Большое распространение получили типовые архитектуры робототехнических систем с дистанционным управлением. В качестве беспроводных стандартов передачи данных для дистанционного управления роботом можно выделить следующие технологии:

- 1) Цифровые технологии беспроводных сетей семейства Bluetooth 2.0, 3.0, 4.0 и выше;
- 2) Цифровые технологии беспроводных сетей семейства Ethernet, включая WiFi, Wi-Max (манчестерский код).
- 3) Аналоговое радио.

Существенное снижение затрат на проектирование и разработку шагающих устройств достигается за счет использования типовых электронных компонентов, микроконтроллеров и многофункциональных интегрированных электронных плат. В качестве возможных альтернативных вариантов могут использоваться решения интегрированной электроники на базе National Instruments (myRIO) [6] или Arduino (Uno, Leonardo, Mega) [5]. Фактически, типовые решения позволяют избавиться от большого количества проблем, связанных с отсутствием аппаратной и программной совместимости, а также значительно ускорить процессы разработки и выпуска готовых устройств, для конечного потребителя. Готовые аппаратно-программные решения должны обеспечивать требуемое быстроедействие при передаче данных, а также стабильность, безотказность и эффективность работы.

Рассмотрим архитектуру дистанционно управляемого шагающего устройства на базе

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБЪЕКТНО-РЕЛЯЦИОННЫХ СУБД ДЛЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ.....	408
Бычков А.Г.	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОРОДНОГО МАССИВА НА ОСНОВЕ ПЕТРОФИЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ.....	411
Степанов Ю. А.	
К ВОПРОСУ ПОСТРОЕНИЯ ШАГАЮЩИХ РОБОТОВ И ВЫБОРА ВАРИАНТОВ ИХ ПОХОДКИ.....	414
Добрынин А.С., Койнов Р.С., Кулаков С.М., Андрианов О.Н.	
О ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ШЕСТИНОГО РОБОТА.....	418
Добрынин А.С., Койнов Р.С., Андрианов О.Н.	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАИБОЛЕЕ СУЩЕСТВЕННЫХ ПЕРЕМЕННЫХ В ЗАДАЧАХ МОДЕЛИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ БЕЗЫНЕРЦИОННЫМИ СТОХАСТИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ.....	424
Михов Е.Д.	
ФИЗИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЙ ЯДЕРНЫЙ РЕАКТОР.....	429
Гусев С.С.	
ПОДСИСТЕМА СВЯЗИ КВАДРОКОПТЕРА НА ОСНОВЕ ARDUINO И КОМПЬЮТЕРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАДИОМОДУЛЯ NRF24L01+.....	432
Дворянчиков М.В., Ляховец М.В.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗВУКОВЫХ ВОЛН.....	435
Носков В.Ю., Пухов С.И., Трофимов П.Ю.	
АНАЛИЗ РЕАЛИЗАЦИЙ ДАННЫХ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ УРОВЕНЬ ДЕТСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ.....	439
Киселева Т.В., Климентьева Е.В.	
АУТСОРСИНГ И СТРАХОВАНИЕ КАК ЗАЩИТНЫЕ МЕРЫ ОТ РИСКОВ ИТ-СЕРВИСОВ.....	444
Киселева Т.В., Маслова Е.В.	
ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПОДВИЖНОГО ОБЪЕКТА С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ.....	449
Свитова А.М.	
ОБОСНОВАНИЕ ВНЕДРЕНИЯ В КОНКУРСНЫЙ МЕХАНИЗМ ЭЛЕМЕНТОВ МЕТОДА СОВОКУПНОЙ СТОИМОСТИ ВЛАДЕНИЯ.....	452
Стрекалов С.В.	
ОБ АЛГОРИТМАХ РАСЧЕТА УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА (СКВОЗНОЙ ЭМИССИИ CO ₂) МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ.....	457
Чесноков Ю.Н., Лисиенко В.Г., Лаптева А.В.	

Научное издание

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ В ОБРАЗОВАНИИ, НАУКЕ И ПРОИЗВОДСТВЕ AS' 2017

**Труды XI Всероссийской научно-практической конференции
(с международным участием)
14-16 декабря 2017 г.**

Под общей редакцией
д.т.н., проф. С.М. Кулакова,
д.т.н., проф. Л.П. Мышляева

Материалы докладов изданы в авторской редакции.

Подписано в печать 30.11.2017 г.
Формат бумаги 60x84 1/8. Бумага писчая. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 27,6. Уч.-изд. л. 30,0. Тираж 300 экз. Заказ № 644

Сибирский государственный индустриальный университет
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42.
Издательский центр СибГИУ