

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ  
МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ ПО НАУКЕ И ТЕХНОЛОГИЯМ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ЗАО "МИНСКЭКСПО"

«Иновационные технологии, автоматизация и мехатроника в  
машино- и приборостроении»

совместно с МинскЭкспо  
в рамках выставки "Автоматизация. Электроника - 2018"

Материалы VI международной научно-практической конференции

(Минск, 1 - 2 марта 2018 года)

Минск  
2018

## УДК 681.5, 681.3 ИНТЕГРАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ РАСПРЕДЕЛЕННОГО РЕЕСТРА (BLOCKCHAIN) И ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ (IOT)

Дербан А.Н.<sup>1</sup>, Бусько А.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>). Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>). Иностранное производственное унитарное предприятие

«Дана Нетворкс»

Минск, Республика Беларусь

Технология хранения данных на основе распределенного реестра (Blockchain) и технологии для реализации Интернет вещей (IoT) являются одними из самых популярных тематик в современном информационном пространстве. Решения на базе Blockchain и IoT широко применяются, как в частных (личных), так и в крупных корпоративных сферах. Если IoT – это совокупность доступных программно-аппаратных платформ для автоматизации широко спектра задач, то Blockchain – это принципиально новый подход в защищенном хранении и обработки децентрализованных распределенных данных. Обе рассматриваемых технологий используют сеть Интернет, как среду для организации взаимных коммуникаций и обмена данными со сторонними сервисами и приложениями.

Надо учитывать важную особенность функционирования рассматриваемых решений: данные передаются общедоступными сегментами сети, которые администрируются различными организациями-поставщиками коммуникационных услуг. Таким образом, последовательность неизменяемых записей в распределенную базу данных (Blockchain), например, об оборудовании IoT, параметрах его функционирования, обработанной на его основе продукции, услугах или товарах, позволяет прозрачно и объективно контролировать как внутренние, так и внешние бизнес-процессы предприятия. Неавторизованный доступ к данным и сетевой инфраструктуре, утечка информации или неверная конфигурация аппаратных средств отслеживаются как записи, нарушающие целостность Blockchain и могут автоматически отклоняться участниками системы. Учитывая прозрачность хранимых данных и запросов к Blockchain, любой участник информационной среды может отследить всю историю сохраненных в нем событий и доступа к данным, которые не могут быть изменены без нарушения целостности самой технологии. Отдельно необходимо отметить возможность реализации «умных контрактов» (smart contract) на базе Blockchain, которые представляют собой программные модули, автоматически обрабатывающие при наступлении определенных внешних и внутренних событий: факт оплаты, отгрузки продукции, отказ от обслуживания, наступления даты и времени, авторизованного входа и т.д.

## УДК 004.896 МУЛЬТИАГЕНТНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ГРУППОЙ РОБОТОВ

Олефир Д.Г., Прокопович Г.А.

Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси, лаборатория «Робототехнические системы», Минск, Беларусь

**Введение.** Каждый год все больше научных исследований посвящается робототехнике – науке, занимающейся разработкой автоматизированных технических систем. Групповая робототехника, как одно из направлений развития общей робототехники, занимается разработкой групп роботов различных типов, исследует вопросы группового взаимодействия и обеспечения принципов группового поведения. В свою очередь, группа роботов – общность роботов (юнитов), объединенная общей задачей, решение которой для отдельно взятого юнита не представляется возможным.

Это направление долгое время находилось на стадии проведения сугубо теоретических исследований с редкими попытками разработать функционирующий прототип группы. Но электроника и информатика не стоят на месте: рост вычислительных мощностей, уменьшение размеров и энергопотребления встраиваемых вычислительных систем, появление новых высокоуровневых языков и пакетов моделирования, позволяющих разработчикам начать разработку более совершенных групп для исследования разных задач: от развлекательных мероприятий – синхронные роботанцы, робохоккей и футбол, до проведения ответственных спасательных и разведывательных операций.

**Цель работы.** Обзор тенденций развития групповой робототехники, анализ разработок в этой области, формализация знаний о групповых робототехнических комплексах (ГРК) и разработка архитектуры мультиагентной системы управления (МАСУ) таким комплексом.

**Аппаратная конфигурация системы управления.** Предложенная в работе аппаратная конфигурация СУ обеспечивает возможность реализации как централизованного, так и децентрализованного подхода решения задачи группового управления.

**Программная конфигурация системы управления.** Предложенная в работе программная конфигурация СУ представляет собой набор реактивных и когнитивных программ-агентов, каждая из которых отвечает за определенную систему робота.

На рисунке 1 представлена обобщенная программная архитектура МАСУ ГРК.

## НАХОЖДЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ В ПРОЦЕССЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ КОМАНД МОБИЛЬНЫМ РОБОТОМ В УСЛОВИЯХ ЧАСТИЧНО ОБОЗРИМОЙ СРЕДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБУЧЕНИЯ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ

Розанов М.С., Прокопович Г.А.

Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси, лаборатория «Робототехнические системы», Минск, Беларусь

**Введение.** С развитием идеи интеллектуализации робототехнических платформ растет количество прикладных применений методов машинного обучения и искусственного интеллекта (ИИ) в области робототехники к таким типовым задачам, как поиск пути на местности, долгосрочное или краткосрочное планирование, выполнение технологических операций и т.д. Среди всех областей ИИ в робототехнике особо выделяется обучение с подкреплением (reinforcement learning) вследствие наличия удобного фреймворка для описания множества «состояние-действие», которым возможно представить практически любую задачу робототехники из-за высокого уровня дискретизации состояний робота и, соответственно, возможного множества действий, доступных роботу из данного состояния. Обучение с подкреплением позволяет реализовывать сценарии обучения мобильного робота в качестве агента, при этом фактические знания агента о внешней среде отсутствуют и должны приобретаться в процессе обучения посредством метода проб и ошибок (trial-and-erroг). При этом внешняя среда является частично обозримой, т.е. в каждый момент времени агенту доступно ограниченное количество информации об окружающем мире. Однако при этом агенту доступно некоторое ограниченное множество действий, которые ему позволено использовать в любой последовательности и в любой момент времени для достижения цели. С помощью специальной набора правил обучения, агент в итоге строит оптимальную стратегию действий, именуемую также в теории обучения с подкреплением «политикой».

Следует отметить, что важной особенностью обучения агента является способ моделирования среды, с которой взаимодействует агент. Наиболее распространенной практикой является использование т.н. марковского процесса принятия решений (МППР), который, в данном случае, является частично обозримым МППР.

**Цель работы:** создание программной модели, способной продемонстрировать процесс обучения выполнению простейшей последовательности действий при отсутствии начальных знаний о внешней среде.

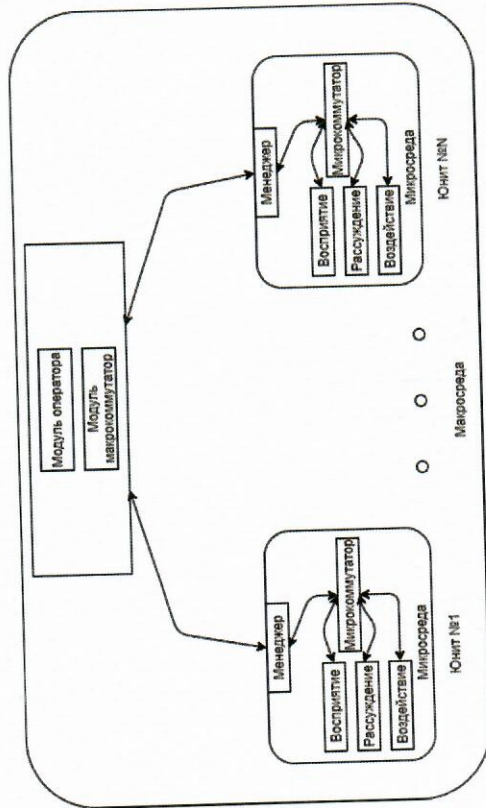


Рисунок 1 – Обобщенная программная архитектура МАСУ GPTK

1. Адамацкий А.И., Холланд О. Роящийся интеллект: представления и алгоритмы // Информационные технологии и вычислительные системы. – 1998. – №1. – С.45-53.
2. Прокопович, Г. А. Особенности масштабирования многоагентных систем на примере централизованного и децентрализованного алгоритмов управления группой малогабаритных мобильных роботов / Г. А. Прокопович // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2016. – Том 14, №11. – С. 41-48.
3. Прокопович, Г.А. Многоагентные системы как парадигма коллективного управления группой роботов / Г.А. Прокопович, В.А. Сычѳ // Материалы Респ. науч.-метод. конф. молодых учёных / Брестский гос. ун-т им. А.С. Пушкина. – Брест : БрГУ, 2010. – С. 136-138.
4. Прокопович, Г.А. Моделирование коллективного поведения роботов для поисково-исследовательских задач / Г.А. Прокопович, В.А. Сычѳ // Экстремальная робототехника: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Москва, 18-20 мая 2010 г.. – СПб : Политехника-сервис, 2010. – С. 237-243.
5. Прокопович, Г.А. Исследование модели поведения стаиного робота / Г.А. Прокопович, В.А. Сычѳ // Робототехника. Взгляд в будущее: материалы Междунар. семинара, Санкт-Петербург, 10-11 марта 2010 г. – СПб : Политехника-сервис, 2010. – С. 246-248.
6. Стефанок В.Л. От многоагентных систем к коллективному поведению // Труды Международного семинара «Распределенный искусственный интеллект и многоагентные системы» (DAIMAS'97, Санкт-Петербург, Россия, 15-18 июня 1997). – С.327-338.

19.	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ПАКЕТА ROBOGUIDE ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ	44
	<i>Чудовский Д.С., Петрова Ю.В., Лившиц Ю.Е.</i>	
20.	АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖАНИЯ МИКРОКЛИМАТА ТЕПЛИЦ ПРИСАДЕННЫХ УЧАСТКОВ	46
	<i>Лившиц Ю.Е., Несмачных А.М.</i>	
21.	ВИРТУАЛЬНЫЙ КОНСТРУКТОР РОСТРАНСТВЕННО-КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ	48
	<i>Новицкий Р.В., Журavelва Е.Р.</i>	
22.	АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СИНТЕЗ СТРУКТУРЫ ОПЕРАЦИИ, ВЫПОЛНЯЕМОЙ НА ДВУХСУПОРТНОМ ТОКАРНОМ СТАНКЕ С ЧПУ	51
	<i>Кашпалыш И.А., Оручари Б., Абуэстовский П.А.</i>	
23.	АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ВИБРОУСТОЙЧИВОСТЬЮ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ НА ДВУХСУПОРТНОМ ТОКАРНОМ СТАНКЕ С ЧПУ	54
	<i>Кашпалыш И.А., Оручари Б., Шурт Е.Д.</i>	
24.	УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ И РЕАБИЛИТАЦИИ НЕРВНО-МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА	57
	<i>Голубев В.С., Хурс С.П., Лившиц Ю.Е., Здор Г.Н.</i>	
25.	КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГООБЪЕМАМИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ ПРОИЗВОДСТВА	59
	<i>Липицкий Л.А., Пильгун Т.В., Маташов В.И.</i>	
26.	ВИРТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ 3D ПРИНТЕРА ТИПА SCARA	61
	<i>Гурский Н.Н., Скачек В.А., Скачек А.В., Безручко А.И.</i>	
27.	АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА МЕХАНООБРАБОТКИ НА ОСНОВЕ 5-ТИ ОСЕВЫХ СТАНКОВ С ЧПУ	63
	<i>Тозик В. И., Сырткин Ф. Л., Гунтик И.И.</i>	
28.	ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СКЛАДА	65
	<i>Резникова И. А., Околов А.Р., Маленкова Г.А.</i>	
29.	КОМПЕНСАЦИОННЫЙ МЕТОД АНАЛИТИЧЕСКОГО КОНСТРУИРОВАНИЯ СТРУКТУР ВЫСОКАЧЕСТВЕННЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ	67
	<i>Кулаков Г.Т., Кулаков А.Т.</i>	
30.	ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ПЕРЕДАЧИ ДИНАМИЧЕСКОГО КОРРЕКТОРА НА ФОРМУ ПЕРЕХОДНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАНАЛА ТУРБИННОГО РЕГУЛЯТОРА МОЩНОСТИ ЭНЕРГОбЛОКА	72
	<i>Кулаков Г.Т., Кулаков А.Т., Артёмченко К.И., Ковалев В.А.</i>	
31.	ПУТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ	75
	<i>Здор Г.Н., Новицкий Р.В., Матручик Ю.Н.</i>	
32.	ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЗОНАНСНЫХ ЧАСТОТ ДВУХМАССОВЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОПРИВОДА С ПЕРЕМЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ	77
	<i>Фираго Б.И.</i>	
33.	ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ СО СКАЛЯРНЫМ ЧАСТОТНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ДЛЯ МЕХАНИЗМОВ С ПОСТОЯННЫМ СТАТИЧЕСКИМ МОМЕНТОМ	79
	<i>Фираго Б.И., Александровский С.В.</i>	
34.	АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ЛИНИЯ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ВОДНО-СПИРТОВОЙ СМЕСИ	81
	<i>Околов А. Р., Дроздовский А. Л., Резникова И. А.</i>	
35.	АВТОМАТИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА ИЗУЧЕНИЯ УЧЕБНЫХ МАТЕРИАЛОВ СТУДЕНТАМИ	83
	<i>Попова Ю.Б., Левинцов С.А.</i>	
36.	АВТОМАТИЗАЦИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛАТИАТА В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ	85
	<i>Попова Ю.Б., Голобузда А.А.</i>	
37.	ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ И ХАРАКТЕРИСТИК ВЫСОКОПРОЧНОГО БЕЙНИТНОГО ЧУГУНА ПРИ ГОРЯЧЕЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ	87
	<i>А.Нofal, Покровский А.И., Шеняк С.Л., Штарно Д.А.</i>	
38.	ПРИМЕНЕНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ ПОЛОСОВЫХ ФИЛЬТРОВ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ	89
	<i>Буширук Т. Н., Мазанов А. С., Буширук А. А., Лохин В. В.</i>	
39.	ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ В ОЧАГЕ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ПРОДОЛЬНОЙ ПРОКАТКЕ БЫВШИХ В УПОТРЕБЛЕНИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ РЕЛЬСОВ	91
	<i>Безвяки К.Е., Щукин В.Я., Кожеевникова Г.В.</i>	
40.	МЕТОД ПОДСТРОЙКИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ В ПРОЦЕССАХ ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ	93
	<i>Щукин В.Я., Кожеевникова Г.В., Абрамов А.А., Кичиков К.А.</i>	
41.	АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ЛИНИЯ ПРОКАТКИ МАЛОЛИСТОВЫХ ПАРАБОЛИЧЕСКИХ РЕССОР	95
	<i>Исаевич Л.А., Свириченко М.И., Ивацкий М.И., Крицкий А.Д.</i>	
42.	МЕХАНИЗИРОВАННАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПЛАКИРОВАНИЯ ГИБКИМ ИНСТРУМЕНТОМ ПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ	97
	<i>Исаевич Л.А., Свириченко М.И., Ивацкий М.И., Крицкий А.Д., Левашевич М.А.</i>	
43.	ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОАКСИАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ИЗДЕЛИЯ И ПРОТИВОЭЛЕКТРОДА НА РАВНОМЕРНОСТЬ НАНЕСЕНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМПУЛЬСНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ	99
	<i>Нисс В.С., Алексеев Ю.Г., Парицто А.Э., Корольев А.Ю., Сенченко Г.М., Сорочка Е.В.</i>	
44.	РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛИРОВАНИЯ МАТРИЧНЫХ СТЕНГОВ ИЗ КОРРОЗИОННОСТОЙКОЙ СТАЛИ МЕТОДОМ ИМПУЛЬСНОЙ БИПОЛЯРНОЙ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ	101
	<i>Алексеев Ю.Г., Корольев А.Ю., Нисс В.С., Парицто А.Э., Будницкий А.С.</i>	
45.	ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ НА КАЧЕСТВО ПОЛИРОВАНИЯ ТИТАНА И НИОБИЯ	103
	<i>Алексеев Ю.Г., Корольев А.Ю., Парицто А.Э., Нисс В.С., Будницкий А.С.</i>	
46.	ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМОБРАЗОВАНИЯ ВОЛОЧЕНИЕМ СТУПЕНЧАТЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОНЦЕНТРАТОРОВ-ВОЛНОВОДОВ ТРУБАЧЕГО ТИПА ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ НЕПРОХОДИМОСТИ КРОВЕНОСНЫХ СОСУДОВ	105
	<i>Алексеев Ю.Г., Корольев А.Ю., Мищенко В.Т., Будницкий А.С.</i>	
47.	МЕТОДИКА РАСЧЕТА ТОНКОСТЕННЫХ ОБОЛОЧЕК И СОСУДОВ ПО БЕЗМОМЕНТНОЙ ТЕОРИИ	107
	<i>Васильева Ю.В., Неумержицкая Е.Ю., Капуза М.А.</i>	
48.	ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРОИЗОЛЯЦИОННЫХ СВОЙСТВ ТЕРМОПЛАСТКОМПОЗИТНЫХ ПОЛУШПАЛ	109
	<i>Васильева Ю.В., Неумержицкая Е.Ю., Вилюха П.М., Капуза М.А.</i>	
49.	АВТОМАТИЗАЦИЯ СТАНОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ОБРАБОТКИ РЕЗАНИЕМ	111
	<i>Полок Н.Н., Хмельницкий Р.С., Анисимов В.С., Г.И. Гвоздь Г.И.</i>	
50.	ПРИНЦИПАЛЬНАЯ СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТИРИСТОРАМИ ИЗ ЦЕПИ АНОДА ЧЕРЕЗ ИСТОЧНИКИ ТОКА	113
	<i>Здор Г.Н., Малавко О.И., Тимощевы В.Б.</i>	
51.	ПУТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В УСЛОВИЯХ ЧЕТВЕРТОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ (ИНДУСТРИЯ 4.0)	115
	<i>Фонов В.В., Конеческая О.Э.</i>	
52.	РАЗРАБОТКА МАКЕТНОГО ОБРАЗА ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССОРА	117
	<i>Байрак С. А., Татар М. М., Луксаневич М. М.</i>	
53.	РАЗРАБОТКА И РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ НА БАЗЕ УНИФИЦИРОВАННЫХ КОНТЕЙНЕРОВ	119
	<i>Дербан А.Н., Дербан Д.Н.</i>	
54.	ИНТЕГРАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ РАСПРЕДЕЛЕННОГО РЕЕСТРА (BLOCKCHAIN) И ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ (IOT)	120
	<i>Дербан А.Н., Бурько А.М.</i>	
55.	МУЛЬТИАГЕНТНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ГРУППОЙ РОБОТОВ	121
	<i>Олефир Д.Г., Прокопович Г.А.</i>	