

ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

DOI: 10.25586/RNU.V9187.18.04.P.97

УДК 681.5

М.Н. Бухаров

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ ГИБРИДНОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Рассмотрена разработка инструментальных средств для создания систем гибридного интеллекта. Описаны инструментальный программный комплекс и основные направления его развития. Рассмотрены примеры создания инструментальных средств.

Ключевые слова: гибридный интеллект, система гибридного интеллекта, инструментальный программный комплекс, инструментальные средства.

M.N. Bukharov

TOOLS FOR CREATION OF HYBRID INTELLIGENCE SYSTEMS

In the article the development of tools for creation of hybrid intelligence systems is considered. The tool program complex and the main directions of his development are described. Some examples of tools creation are reviewed.

Keywords: hybrid intelligence, system of hybrid intelligence, tool program complex, tools.

Введение. В статье рассмотрена разработка инструментальных средств для создания и использования систем гибридного интеллекта [1; 2]. Описан инструментальный программный комплекс [3; 4] и основные направления его развития. Рассмотрены примеры создания инструментальных средств.

Система гибридного интеллекта. Система гибридного интеллекта (СГИ) – это информационная система с уникальной архитектурой. Для описания архитектуры СГИ воспользуемся понятием «функционально-структурная схема информационной системы», введенным автором в 1987 г. в кандидатской диссертации (см.: Бухаров М.Н. Технология программирования для систем автоматизации экспедиционных радиофизических экспериментов : дис. ... канд. техн. наук. – М., 1987. – 237 с. URL: <http://www.rsl.ru/ru>). Функционально-структурная схема информационной системы – это перечень подсистем и модулей, из которых состоит система с описанием выполняемых ими функций и взаимодействия между ними в основных режимах работы системы. В докторской диссертации (см.: Бухаров М.Н. Управление человеко-машинными комплексами на основе гибридного интеллекта : дис. ... д-ра техн. наук. – М., 2012. – 356 с. URL: <http://www.rsl.ru/ru>) автор использует это понятие для определения архитектуры систем гибридного интеллекта на основе процессов.

СГИ на основе процессов создается как иерархическая многоуровневая система. В качестве основы на первом уровне используются библиотеки готовых программ, реализующие исполнительную среду для работы системы. На втором уровне система управления человеко-машинным комплексом представляется состояниями процессов,

© Бухаров М.Н., 2018.

аккумулирующими логику работы комплекса, на третьем – совокупностью взаимодействующих процессов, а на четвертом – функциональными подсистемами, реализующими стратегию и тактику управления человеко-машинным комплексом. Основной режим работы СГИ – это управление деятельностью. В этом режиме: функциональные подсистемы (сотрудники и их автоматизированные рабочие места (АРМ)) передают информацию о состоянии деятельности в процессы; процессы в зависимости от поступившей информации выдают те или иные команды в АРМы; АРМы при необходимости транслируют эти команды сотрудникам; сотрудники выполняют команды и передают ответы через АРМы в процессы; процессы в зависимости от ответов, поступивших от АРМов, выдают в АРМы новые команды и т.д.

Инструментальный программный комплекс. Для создания и использования систем гибридного интеллекта был разработан специальный инструментальный программный комплекс [3; 4]. Он состоит из нескольких подсистем: подсистемы описания структуры и логики деятельности, реализуемой системой гибридного интеллекта; репозитория шаблонов систем гибридного интеллекта и их компонентов; банка описаний конкретных систем; подсистемы проектирования и реорганизации систем; подсистемы моделирования и анализа систем; подсистемы генерации информации для настройки систем; подсистемы исполнения систем; архива реализованных проектов; базы знаний по инструментальному комплексу и по методам создания и использования систем гибридного интеллекта на его основе.

Для навигации по компонентам комплекса используется дерево разделов. В каждом разделе хранение информации осуществляется в виде списка документов. При регистрации документа в инструментальном программном комплексе на него заводится карточка. Карточка содержит краткое описание документа. Каждый документ может быть запущен в обработку по своему собственному сценарию обработки. Сценарии обработки документов являются шаблонами, или процессами, для управления которыми в инструментальном комплексе имеются специальные средства.

Для облегчения навигации по проектируемой системе гибридного интеллекта используются интерактивные графические средства. Рассмотрим их на примере навигации по процессу. Процесс представляется графически в виде ориентированного графа. Вершинами графа являются состояния процесса, а дугами – переходы между состояниями. Если из какого-либо состояния процесса возможен переход в два или более состояния, то переходы обозначаются пунктирной линией. Одно из состояний процесса помечено – это рассматриваемое (активное) в данный момент состояние. Щелчок по нему мышкой открывает диалог «События» с информацией о событиях данного состояния, в котором можно выбрать любой диалог и перейти в него из иерархии диалогов проектирования системы гибридного интеллекта.

Для визуализации результатов моделирования системы гибридного интеллекта используются таблицы, двумерные графические схемы и трехмерные анимационные сцены. Накопление информации о модели происходит в специальной базе данных. Причем, визуализация этих данных может проводиться как в процессе моделирования, так и после окончания моделирования.

Разработанная модель деятельности организации полностью представлена в компьютере и может анализироваться как компьютерными программами, так и специалистами. В то же время, модель может исполняться компьютерными программами и исполнительными механизмами (приборами) и/или сотрудниками, реализуя управление деятельностью. По мере накопления опыта работы сотрудники организации и программы исполнительных систем процессов могут изменять и совершенствовать процессы и объекты, что немедленно отражается в модели работы организации. Консультанты и аналитики тоже непрерывно анализируют модель и работают над ее совершенствованием. Все улучшения модели также немедленно поступают в практику управления работой организации.

Классификация инструментальных средств. Все компоненты инструментального программного комплекса по назначению можно разделить на следующие группы:

- исполнительные системы;
- графические редакторы;
- языки программирования;
- языки моделирования;
- отладчики;
- мастера;
- шаблоны;
- генераторы;
- пакеты подпрограмм;
- другие инструментальные средства.

Кратко охарактеризуем инструментальные средства из каждой группы.

Исполнительные системы. В системе гибридного интеллекта используются два типа исполнительных систем: исполнительные системы процессов и исполнительные системы автоматизированных рабочих мест.

Исполнительная система процессов позволяет загружать процессы в память, запускать на исполнение, приостанавливать/продолжать, останавливать и выгружать процессы из памяти.

Исполнительная система автоматизированных рабочих мест является интегратором функций и позволяет организовать меню для выбора и запуска на исполнение функциональных модулей, реализующих отдельные функции.

Графические редакторы. Для более наглядного описания процессов и автоматизированных рабочих мест используются специальные программы – графические редакторы. Графический редактор позволяет в графической форме описать структуру процесса на уровне подсистем, процессов, состояний и событий. Также графический редактор позволяет в графической форме изобразить функционально-структурную схему автоматизированного рабочего места и модели, заменяющей его при отладке или исследовании деятельности.

Имеется возможность сворачивать более низкие уровни представления для концентрации внимания на отдельных частях структуры системы гибридного интеллекта.

Языки программирования. При создании систем гибридного интеллекта используются следующие языки программирования:

- Free Pascal и Object Pascal;
- Java Script;
- Visual Basic for Applications;
- PHP;
- C и C++;
- C# и др.

На этих языках программирования написаны компоненты инструментального программного комплекса.

Языки моделирования. Для промежуточного хранения описания процессов используется специально разработанный язык, похожий на язык XML. С помощью этого языка записываются группы взаимодействующих последовательных процессов – подсистемы, описывающие модель деятельности, реализуемой системой гибридного интеллекта.

Другие языки моделирования используются для описания моделей автоматизированных рабочих мест при отладке и исследовании систем гибридного интеллекта.

Отладчики. Система гибридного интеллекта – это сложная система, требующая отладки и тестирования. Отладчики позволяют устанавливать точки останова в процессах. При выполнении процессов в режиме отладки в точках останова происходит

приостановка исполнения всех процессов. В точке останова разработчику доступны значения глобальных переменных, каналов и других важных параметров системы гибридного интеллекта. Просматривая и изменяя при необходимости значения этих параметров, разработчик собирает необходимую информацию и при необходимости корректирует процессы.

Мастера. Для удобства создания конкретных процессов и других компонентов системы гибридного интеллекта используются специальные диалоговые программы – мастера. Программа-мастер представляет собой последовательность диалогов с разработчиком. Каждый диалог служит для сбора информации о некоторой части разрабатываемой компоненты системы гибридного интеллекта. Например, количество состояний процесса. Обычно программы-мастера используются совместно с генераторами и шаблонами.

Шаблоны. Для облегчения разработки процессов, автоматизированных рабочих мест и других компонентов СГИ используются заготовки описаний, проектов, программ и других форм их представления. Эти заготовки разработчики назвали шаблонами. Шаблоны – это тексты программ или описаний компонентов, размеченные специальными символами и словосочетаниями. Шаблоны обычно используются совместно с генераторами.

После замены специальных символов и словосочетаний значениями параметров разрабатываемого компонента шаблон становится начальной версией разрабатываемого компонента. Как правило, после небольшой ручной доработки разрабатываемый компонент, полученный на выходе генератора, можно использовать в разработке или эксплуатации СГИ.

Генераторы. Для создания конкретных компонентов на основе шаблонов необходимо получить от разработчика информацию для замены в шаблонах размеченных частей на необходимые словосочетания и провести замену. Для получения недостающей информации используются программы-мастера, а замену выполняют программы-генераторы.

Пакеты подпрограмм. Для работы с устройствами и для решения однотипных задач создаются пакеты подпрограмм. Например, для обмена командами и ответами между процессами и автоматизированными рабочими местами используется пакет подпрограмм для работы с каналами.

Другие инструментальные средства. Рассмотренные группы инструментальных средств решают многие задачи, решаемые при создании и эксплуатации систем гибридного интеллекта. Но технология разработки и использования СГИ не стоит на месте. Поэтому появляются новые задачи, и для их решения создаются новые или модернизируются имеющиеся инструментальные средства.

Разработка инструментальных средств, входящих в инструментальный программный комплекс для создания СГИ, находится в разной степени готовности. Одни инструментальные средства разработаны, оттестированы и используются в практике создания и использования систем гибридного интеллекта. Другие – проектируются, для третьих – созданы макеты и т.д.

Примеры инструментальных средств. Рассмотрим примеры конкретных инструментальных средств, используемых для создания СГИ на основе процессов.

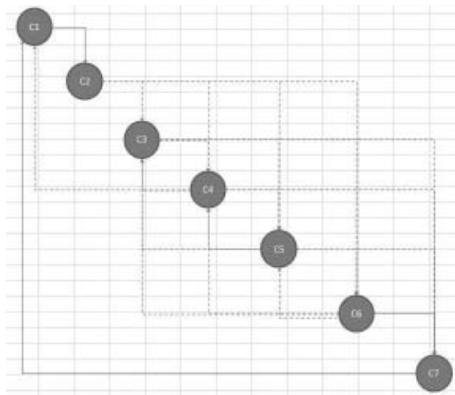
Программа-мастер для подготовки описания деятельности. Эта программа состоит из ряда диалогов, в которых разработчик задает параметры деятельности (количество и названия относительно-независимых частей деятельности – подсистем СГИ; количество цепочек работ для каждой выделенной части деятельности и их названия и т.д.). На выходе программы-мастера получается макет описания деятельности на языке моделирования.

Затем разработчик вручную дорабатывает этот макет и отлаживает с помощью отладчика и моделей АРМов в исполнительной модели процессов.

Программа-мастер для подготовки описания цепочки работ. Эта программа состоит из ряда диалогов, в которых разработчик задает параметры цепочки работ (название цепочки работ, количество и названия отдельных работ цепочки, описание каждой работы). На выходе программы-мастера получается описание цепочки работ в формате текстового редактора.

Затем разработчик вручную дорабатывает это описание и использует затем при генерации процесса, соответствующего данной цепочке работ.

Программа-генератор файла настройки панели управления на конкретную модель. При создании систем гибридного интеллекта, например для управления работой роботов [5; 6], отладка ведется на компьютерной модели роботов. Для того чтобы конкретная модель понимала команды, поступающие от панели управления, и давала ответы в формате, понятном панели управления, необходимо провести настройку панели управления, а иногда еще и самой модели. Настройка панели управления и модели осуществляется через специальные файлы – файлы настройки. Вот эти файлы и должна создать программа-генератор. Необходимую для этого информацию программа-генератор получает либо от разработчика, либо из автоматического анализа программ модели и панели управления (рис. 1).



a)

Процесс подсчета бумажек	
Состояния процесса	
1	<u>Ожидание команды подсчитать бумажки</u>
2	<u>Подсчет числа бумажек</u>
3	<u>Перемещение по комнате вправо</u>
4	<u>Перемещение по комнате влево</u>
5	<u>Перемещение по комнате вниз</u>
6	<u>Перемещение по комнате вверх</u>
7	<u>Подготовка и отправка отчета</u>

b)

	Перемещение по комнате вправо	
	Временные события	Цикл
1	Каждую минуту посылать Роботу-Менеджеру сообщение «Подсчитай бумажки вокруг себя».	Цикл
2	Каждую минуту посылать Роботу-Менеджеру сообщение «Сделай шаг вправо».	Цикл
	Условные события	Цикл
1	Если от Робота-Менеджера пришло сообщение «При шаге вправо встретил преграду, рекомендую перейти в состояние <N>», то перейти в состояние <N>.	
2	Если от Робота-Менеджера пришло сообщение «Подсчет бумажек закончил», то перейти в состояние 7.	

c)

Рис. 1. Проект процесса подсчета бумажек роботом:
a) граф процесса; b) структура процесса; c) пример состояния процесса

Программа-мастер для создания проекта процесса. Эта программа состоит из ряда диалогов, в которых разработчик задает параметры процесса (название процесса, количество и названия состояний процесса, описание каждого состояния). На выходе программы-мастера получается заготовка проекта процесса в виде, как показано на рис. 1. Программа-мастер в своей работе использует шаблоны из заранее подготовленного множества шаблонов проектов процессов. Выбор наиболее подходящих шаблонов программа-мастер выполняет автоматически в соответствии с заложенными в нее критериями.

Разработчик вручную дорабатывает полученный программой-мастером макет проекта процесса и затем использует его при генерации программы процесса.

Программа-мастер для создания компьютерной модели работы группы роботов. Для отладки программы управления группой роботов используется компьютерная модель работы роботов. Написание такой модели является трудоемким и длительным процессом. Поэтому после создания нескольких десятков таких моделей было решено обобщить особенности созданных моделей. Обобщенная информация о моделях и их параметрах была размещена в специально разработанной для этих целей базе данных моделей. Программа-мастер позволяет автоматически подготовить программу модели, имеющую заданные параметры. Язык программирования, на котором будет подготовлена программа модели, также выбирается разработчиком.

Доработка программы модели выполняется разработчиком вручную.

Программа-мастер для создания функционально-структурной схемы компьютерной модели. Для отладки программы управления организацией или группой роботов используются компьютерные модели автоматизированных рабочих мест и/или устройств (например, роботов). Написание компьютерной модели начинается с разработки ее функционально-структурной схемы (ФСС). Поэтому после создания нескольких десятков таких моделей было решено обобщить их функционально-структурные схемы. Обобщенная информация о функционально-структурных схемах моделей была размещена в специально разработанной для этих целей базе данных ФСС моделей.

Программа-мастер состоит из ряда диалогов, в которых разработчик задает значения основных параметров модели (названия ролей роботов, количество роботов каждой роли, названия основных режимов работы роботов, описание каждого режима работы и т.д.). На выходе программы-мастера получается макет функционально-структурной схемы компьютерной модели и ее графической иллюстрации в формате графического редактора.

Доработка ФСС модели и ее графической иллюстрации выполняется разработчиком вручную с помощью графического редактора.

Программа-генератор модели по ее функционально-структурной схеме. Программа-генератор позволяет автоматически построить программу модели по конкретной функционально-структурной схеме модели, подготовленной разработчиком в графическом редакторе. Язык программирования, на котором будет подготовлена программа модели, выбирается разработчиком.

Доработка программы модели выполняется разработчиком вручную.

Графический редактор для создания графического представления проекта СГИ. Графический редактор позволяет легко и быстро построить проект системы гибридного интеллекта в виде графической диаграммы, как показано на рис. 2.

Для концентрации внимания на определенных аспектах проектирования имеется возможность избирательного отображения компонентов системы на диаграмме проекта за счет сворачивания одних и разворачивания других участков диаграммы. Возможность развернуть компонент изображается знаком (+) в начале его названия (см. рис. 2 и 3). В контекстном меню такого компонента имеется пункт «Развернуть», если детальное представление компонента свернуто, и – пункт «Свернуть», если детальное

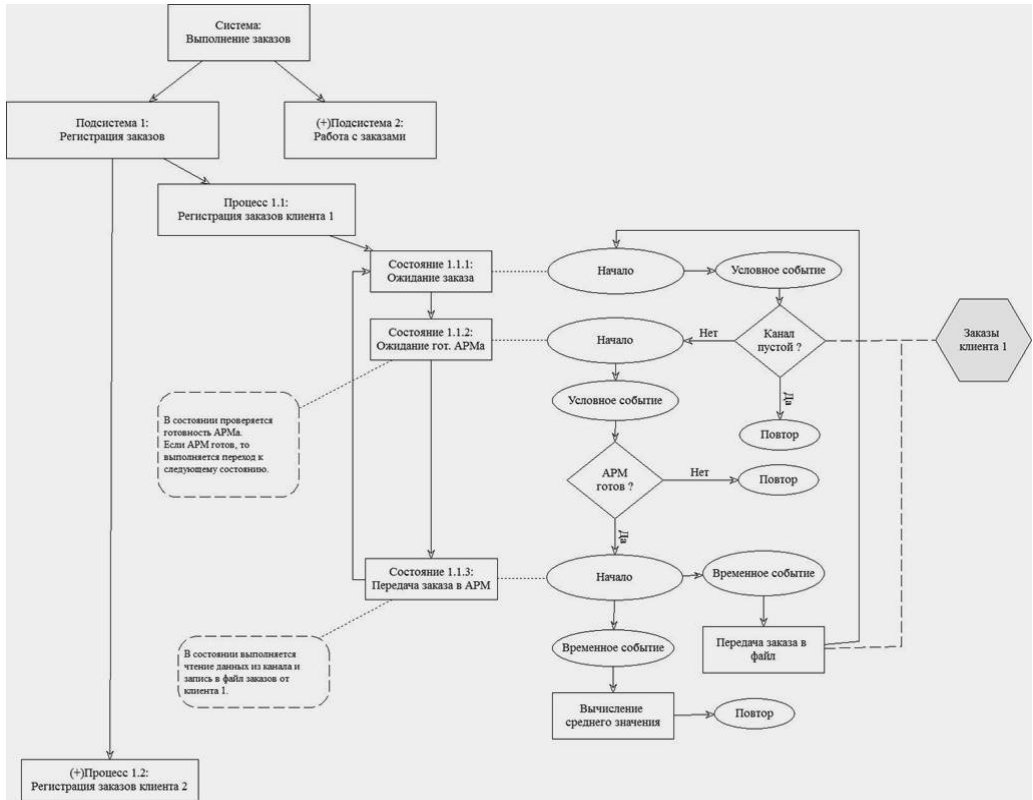


Рис. 2. Пример графической диаграммы проекта СГИ

представление компонента развернуто. Таким образом, выполняя команду контекстного меню «Развернуть/Свернуть», можно управлять уровнем детальности представления проекта в графическом редакторе.

В графическом редакторе имеются средства для добавления компонентов СГИ (подсистем, процессов, состояний, событий) и шаблоны для их описания.

Графический редактор позволяет также создавать шаблоны графических диаграмм проектов систем и в последующем использовать эти шаблоны в качестве основы при проектировании новых систем.

В графическом редакторе также можно создавать графические иллюстрации к функционально-структурным схемам компонентов СГИ, например АРМов (см. рис. 3).

Программа-генератор проекта процесса по описанию цепочки работ. Эта программа используется на входе описание цепочки работ. На выходе программы-генератора получается проект процесса в виде, как показано на рис. 1.

Затем разработчик вручную дорабатывает и использует этот проект процесса при генерации программы процесса, соответствующего данной цепочке работ.

Библиотека подпрограмм для реализации каналов взаимодействия панели управления и модели. Эта библиотека включает три подпрограммы: подпрограмму инициализации каналов, подпрограмму записи в канал, подпрограмму чтения из канала. Библиотека реализована в различных вариантах: для работы в локальной вычислительной сети, в Интернете, на локальном компьютере, в микропроцессоре контроллера.

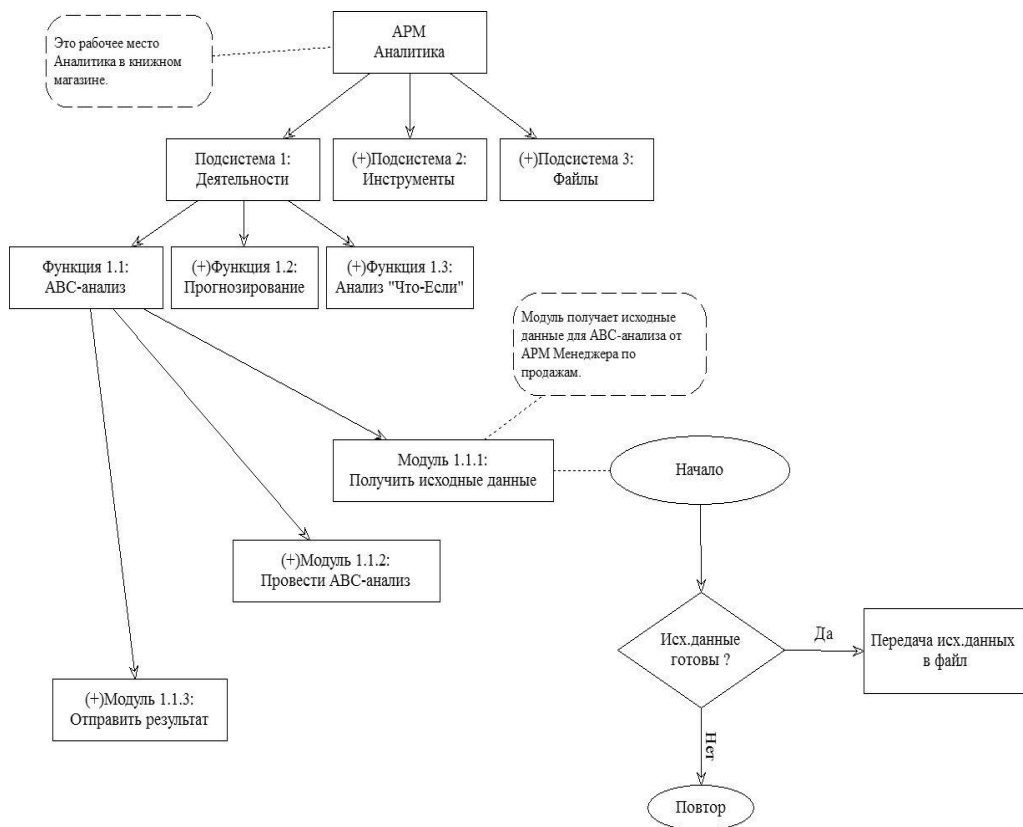


Рис. 3. Пример графической иллюстрации к функционально-структурной схеме АРМа «Аналитика книжного магазина»

лера и др. В конкретных реализациях этой библиотеки подпрограмм используются различные подходы: обмен текстовыми файлами, использование базы данных и др.

На практике разработчики выбирают тот вариант библиотеки подпрограмм и тот подход, положенный в основу реализации выбранного варианта библиотеки, которые больше всего подходят к условиям эксплуатации разрабатываемой СГИ.

Заключение

Небольшой опыт, полученный нами при создании систем гибридного интеллекта [5; 6], показывает, что рассмотренные в статье инструментальный программный комплекс и его компоненты сокращают сроки и снижают трудоемкость создания СГИ. Исчерпывающую информацию о теории систем гибридного интеллекта, инструментальном программном комплексе и его компонентах и их практическом применении можно найти на официальных сайтах:

<http://www.iicenter.ru> – ассоциации независимых консультантов в области наукоемких технологий «Интеллект Инвест Центр»;

<http://www.oberon.iicenter.ru> – научно-исследовательской группы «Оберон»;

<http://www.kbfccenter.iicenter.ru> – портала дистанционного обучения «Независимый центр знаний».

Литература

1. *Бухаров М.Н.* Системы гибридного интеллекта. – М. : Научтехлитиздат, 2005. – 352 с.
2. *Бухаров М.Н.* Теория систем гибридного интеллекта. Проектирование, стандартизация, моделирование и оптимизация : монография. – М. : ГОУ ВПО МГУЛ, 2008. – 214 с.
3. *Бухаров М.Н.* Технология создания систем гибридного интеллекта на основе программного комплекса «Оберон-3000» / М.Н. Бухаров // Экологические системы и приборы. – 2005. – № 3. – С. 31–37.
4. *Бухаров М.Н.* Управление сложными системами на основе гибридного интеллекта / М.Н. Бухаров // Спецтехника и связь. – 2015. – № 03. – С. 119–140.
5. *Бухаров М.Н.* Управление экологическими объектами с помощью роботов / М.Н. Бухаров : материалы Одиннадцатого Международного симпозиума «Проблемы экоинформатики», Москва, 2–4 декабря 2014 г. – М. : ПЦ МЭИ, 2014. – С. 55–63.
6. *Бухаров М.Н.* Использование теории систем гибридного интеллекта для управления роботами / М.Н. Бухаров // Вестник Российского нового университета. Серия «Сложные системы: модели, анализ, управление». – 2017. – Выпуск 2. – С. 54–62.

References

1. *Bukharov, M.N.* Sistemy gibridnogo intellekta. – M. : Naughtekhlitizdat, 2005. – 352 s.
2. *Bukharov, M.N.* Teoriya sistem gibridnogo intellekta. Proektirovanie, standartizatsiya, modelirovanie i optimizatsiya : monografiya. – M. : GOU VPO MGUL, 2008. – 214 s.
3. *Bukharov, M.N.* Tekhnologiya sozdaniya sistem gibridnogo intellekta na osnove programmno kompleksa “Oberon-3000” / M.N. Bukharov // Ekologicheskie sistemy i pribory. – 2005. – № 3. – S. 31–37.
4. *Bukharov, M.N.* Upravlenie slozhnymi sistemami na osnove gibridnogo intellekta / M.N. Bukharov // Spetstekhnika i svyaz'. – 2015. – № 03. – S. 119–140.
5. *Bukharov, M.N.* Upravlenie ekologicheskimi ob'ektami s pomoshch'yu robotov / M.N. Bukharov : materialy Odinnadtsatogo Mezhdunarodnogo simpoziuma «Problemy ekoinformatiki», Moskva, 2–4 dekabrya 2014 g. – M. : PTS MEI, 2014. – S. 55–63.
6. *Bukharov, M.N.* Ispol'zovanie teorii sistem gibridnogo intellekta dlya upravleniya robotami / M.N. Bukharov // Vestnik Rossiyskogo novogo universiteta. Seriya “Slozhnye sistemy: modeli, analiz, upravlenie”. – 2017. – Vypusk 2. – S. 54–62.