

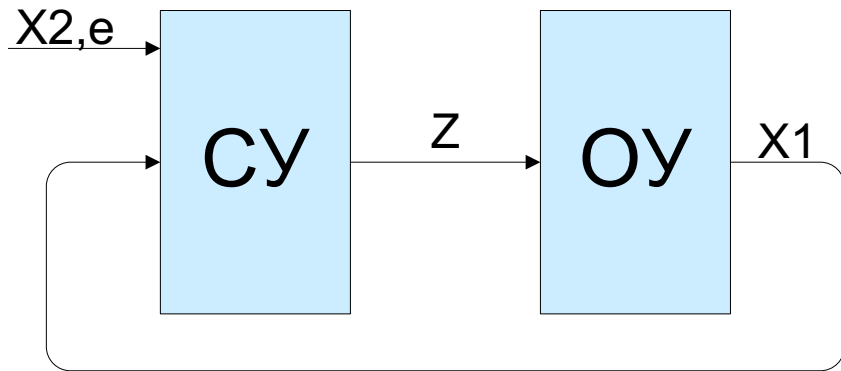
Автоматное программирование

А. А. Шалыто

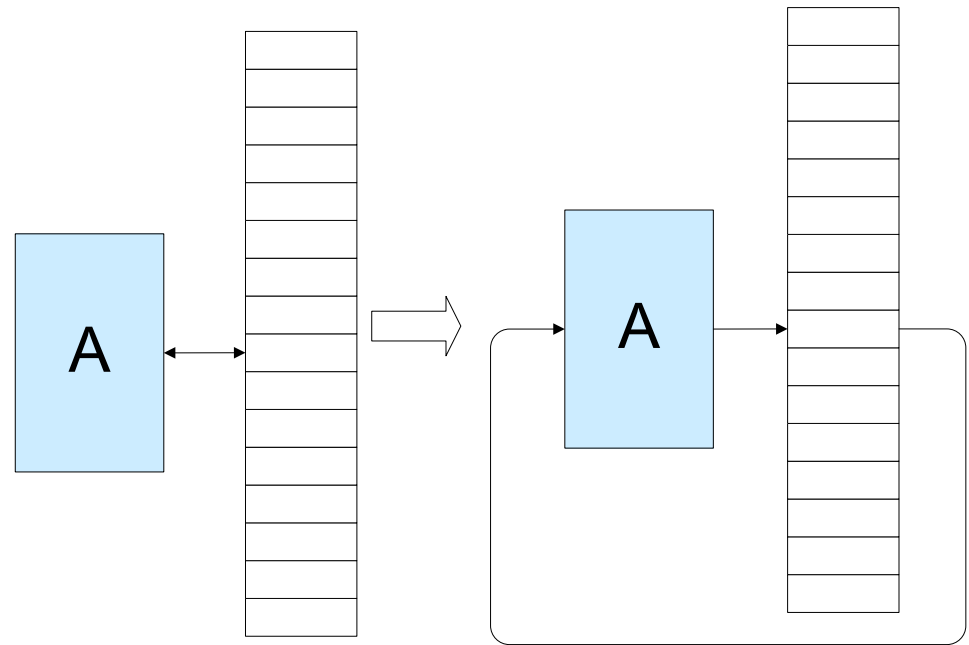
Национальный исследовательский
университет ИТМО

2024 г.

1.1. Автоматное программирование



**Автоматизированный
объект управления**

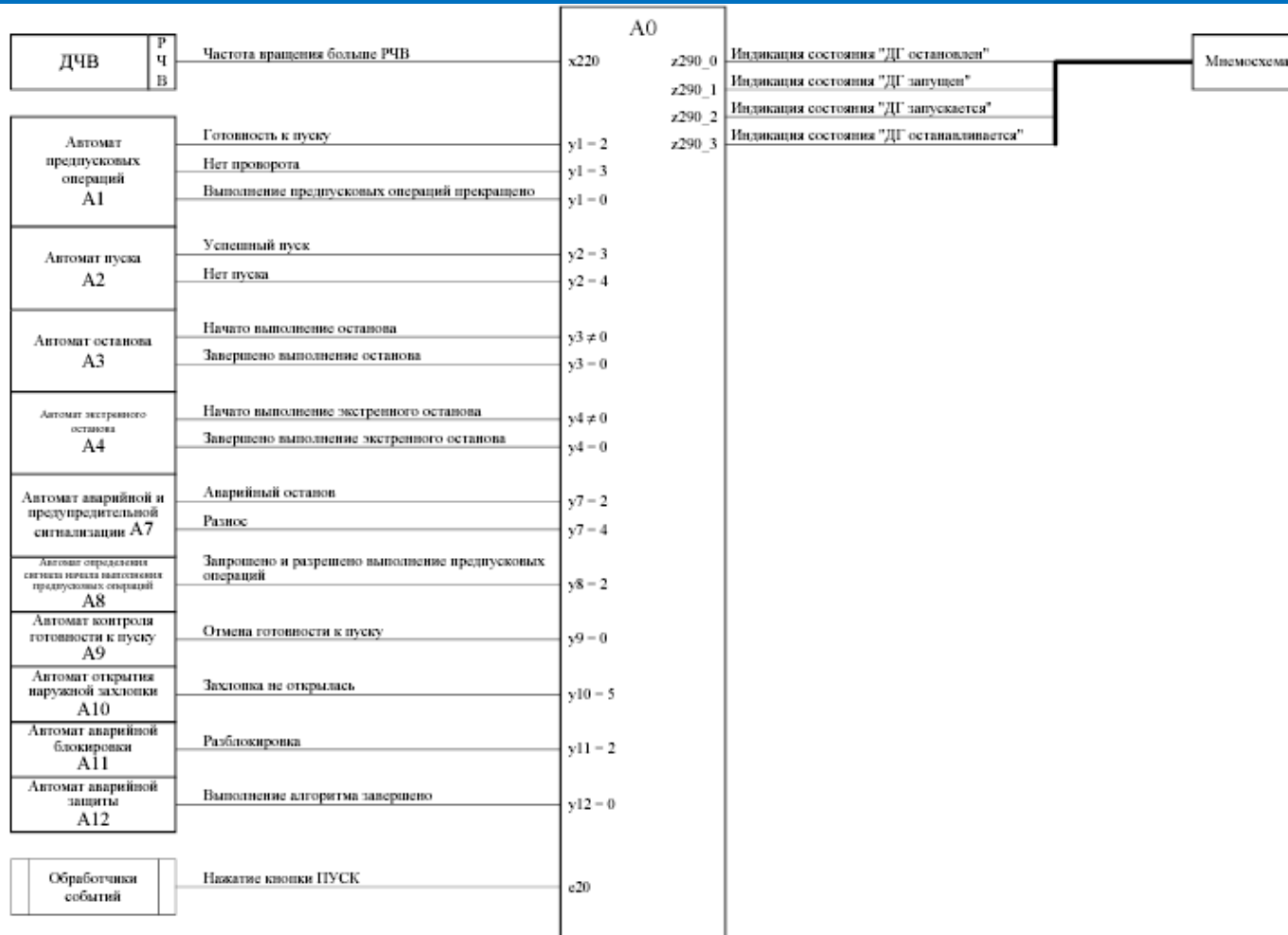


Машина Тьюринга

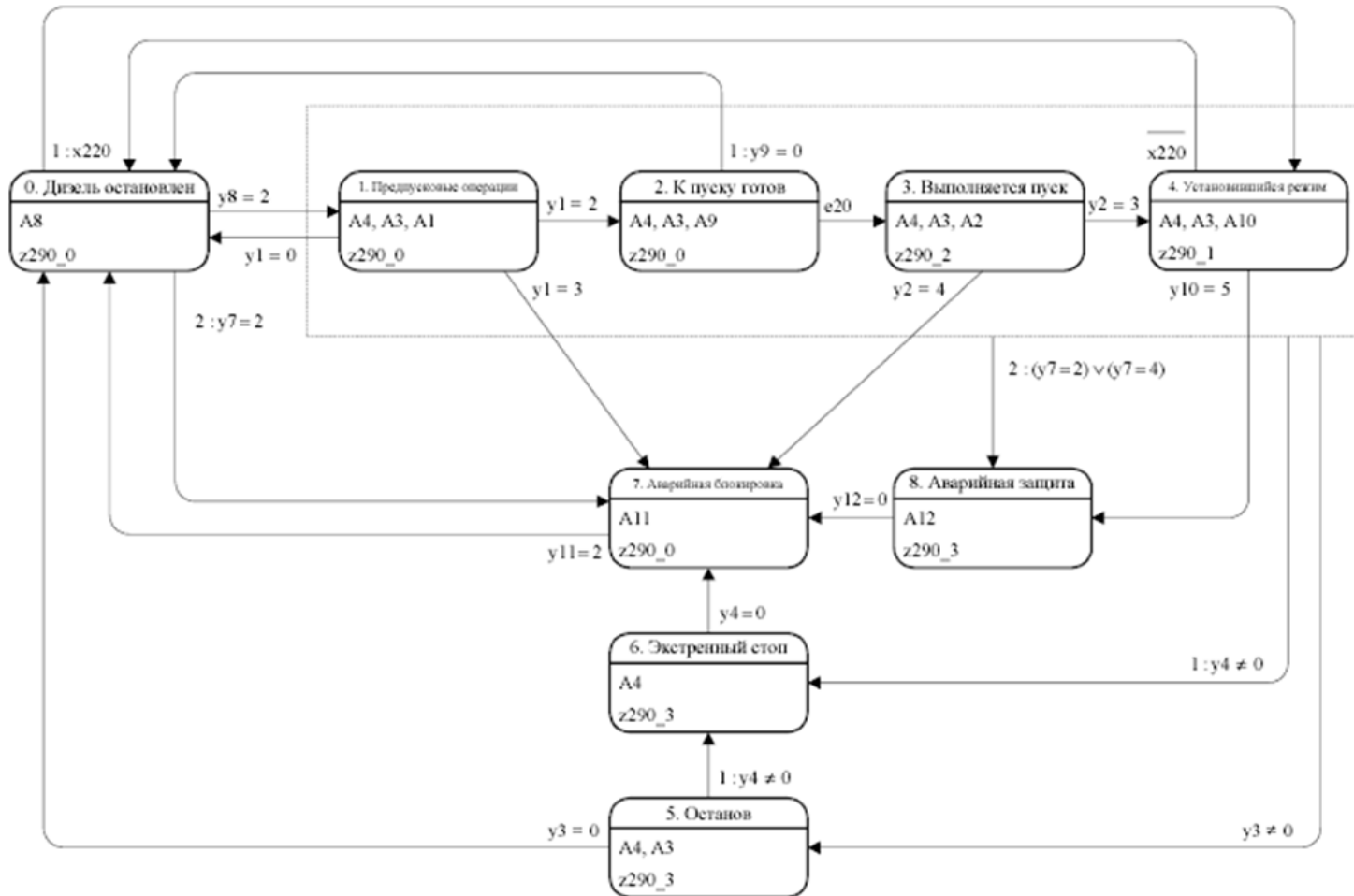
1.2. Автоматное программирование

- Система управления – система вложенных автоматов.
- Объект управления – произвольный физический объект (клапан) или математическая функция (выдержка времени).
- Основные понятия: состояния, переходы, события, входные переменные и выходные воздействия, автоматы, гибридные автоматы.
- Состояния: управляющие в СУ и вычислительные в ОУ.

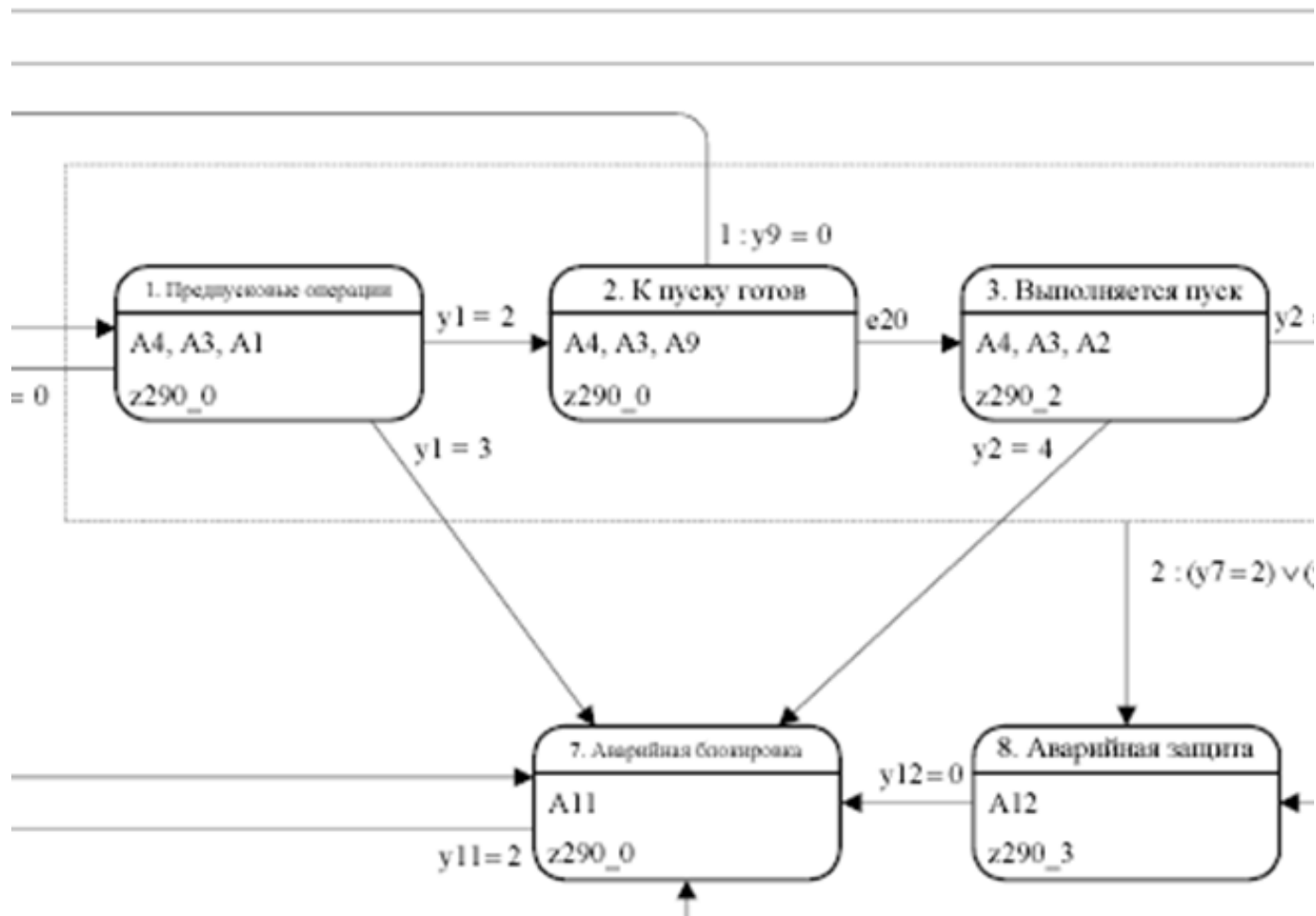
2.1. Пример. Управление дизель-генератором



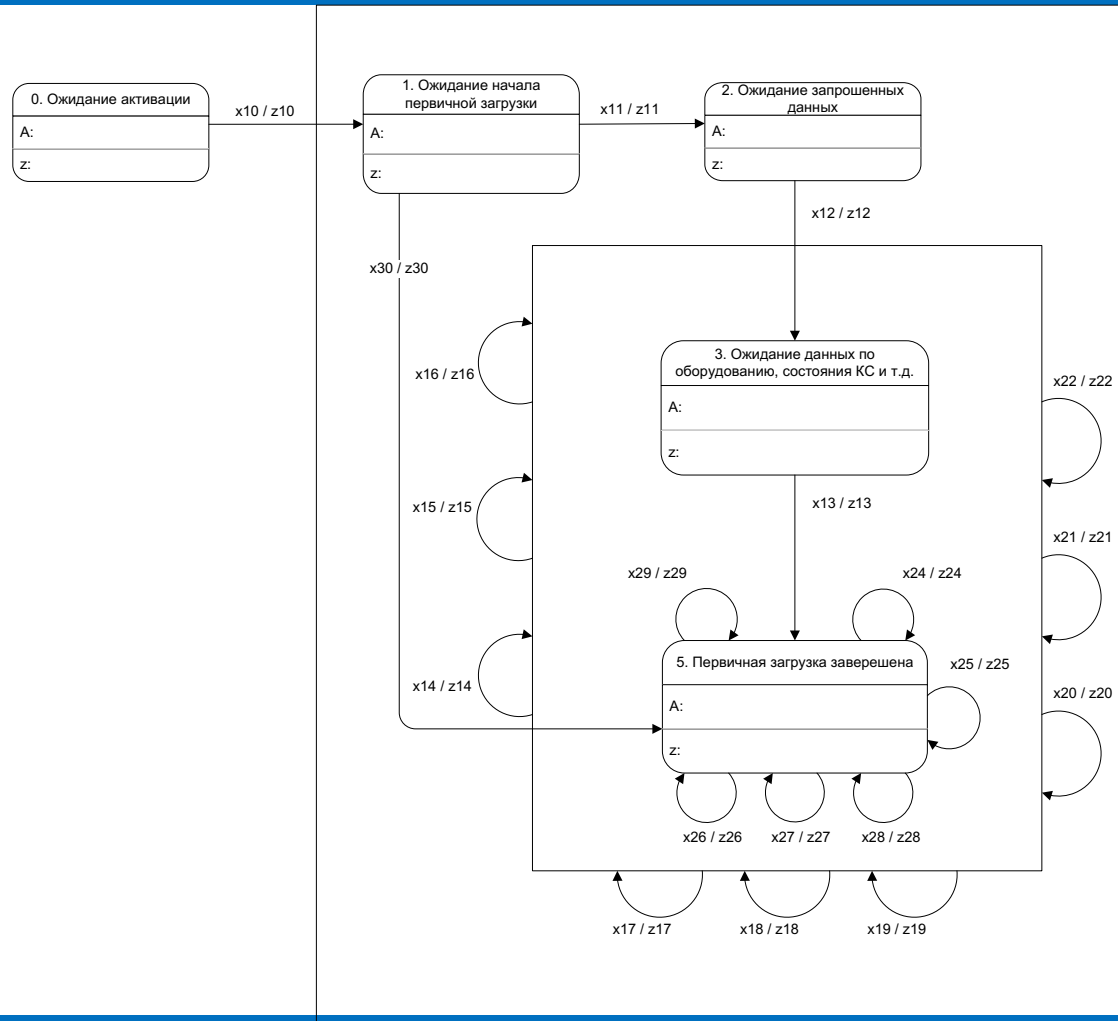
2.2. Пример. Управление дизель-генератором



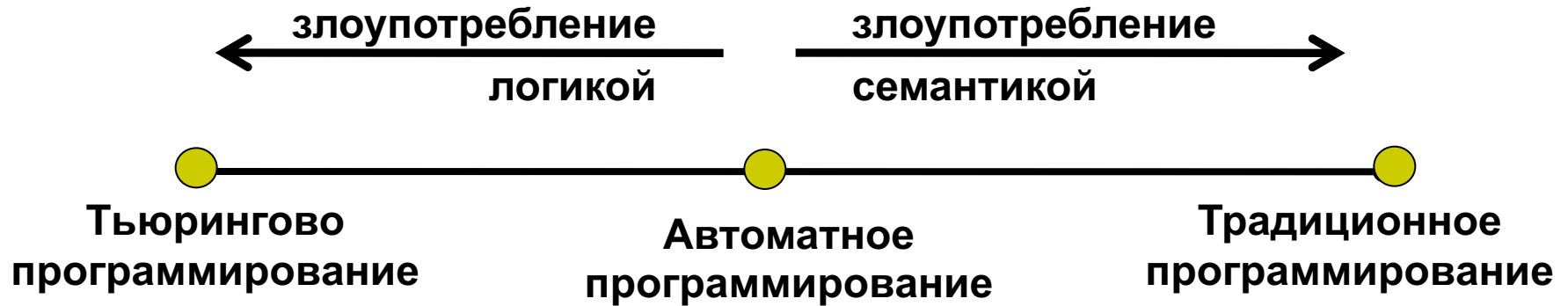
2.3. Пример. Управление дизель-генератором



2.4. Пример



3.1. Миссия автоматного программирования



Нахождение компромисса между сложностью автомата и сложностью операций объекта управления, примирение тьюрингова программирования с традиционным и есть миссия автоматного подхода в мире разработки программного обеспечения

3.2. Парадигма автоматного программирования

Парадигма автоматного программирования состоит в представлении сущностей со сложным поведением в виде автоматизированных объектов управления

4. Достоинства автоматного программирования

- Обладает наибольшей эффективностью для систем со сложным поведением
- Формальное и понятное описание поведения
- Проверка формальных свойств диаграмм
- Автоматическая генерация кода по диаграммам переходов
- Возможность тестирования в терминах автоматов
- Повышение уровня автоматизации **верификации программ** методом Model Checking по сравнению с другими классами программ
- Проектная документация

5. Реализация автоматных программ

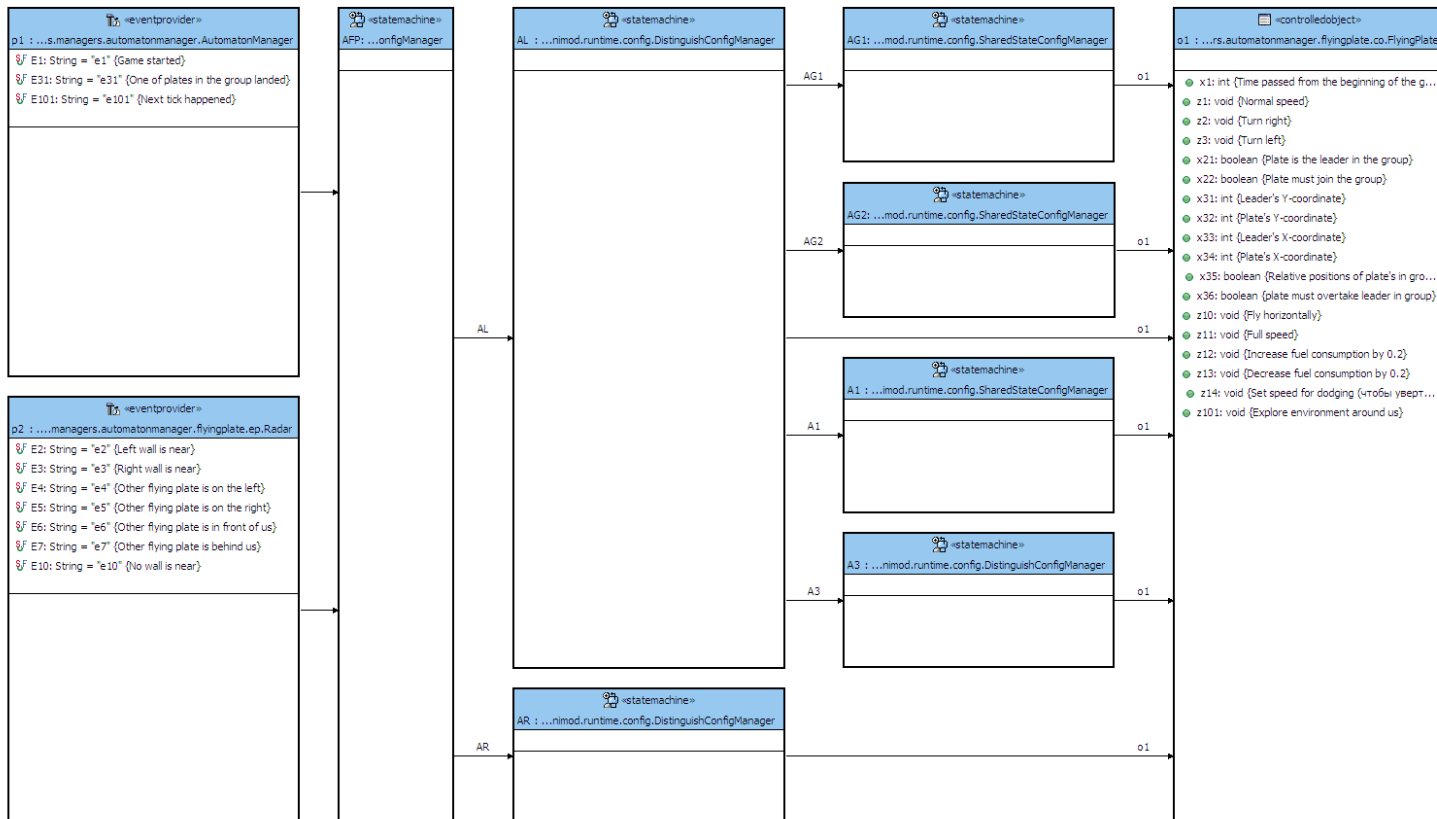
- Вне зависимости от используемого языка программирования реализация автоматных программ осуществляется по графам переходов формально и изоморфно – текст программы «внешне похож» на граф переходов.
- Переход от графа переходов к тексту программы может осуществляться как вручную, так и автоматически с помощью соответствующих инструментальных средств.
- Например, для создания программ на языке Java в ИТМО создано инструментальное средство UniMod.
<https://unimod.sourceforge.io/>

6.1. Инструментальное средство *UniMod*

Вручную

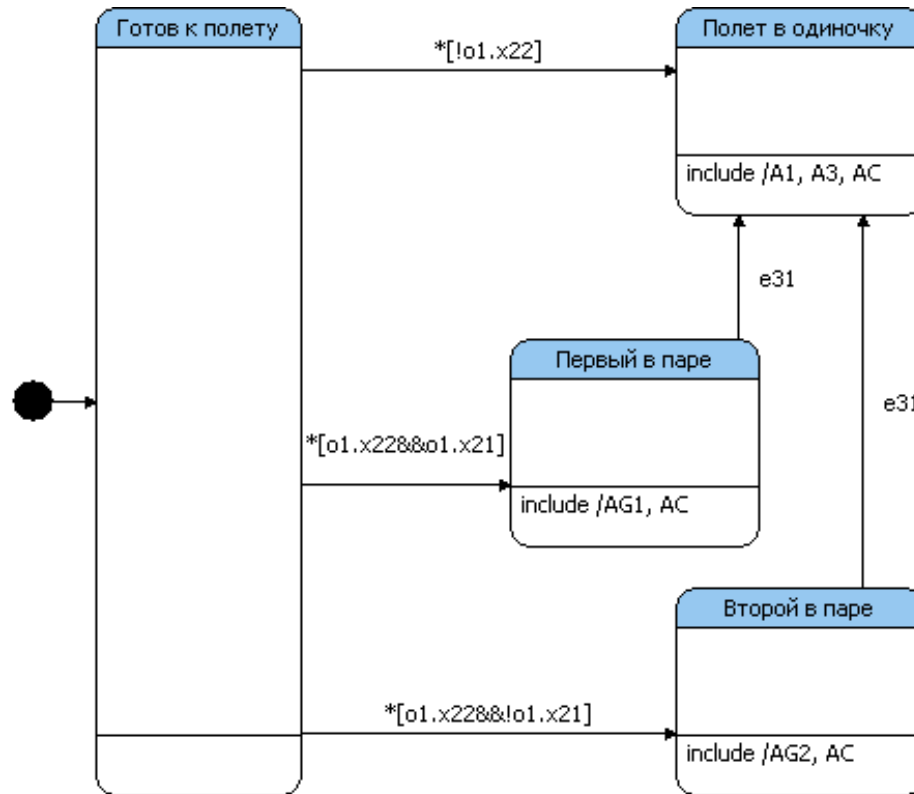
Семь автоматов
Автоматическая генерация

Вручную



6.2. Инструментальное средство *UniMod*

Один из автоматов – AL



7. Верификация автоматных программ

- При использовании метода *Model Checking* при верификации программ предлагается по программе строить ее модель. Построение адекватной модели автоматически практически невозможно.
- При использовании автоматного программирования первичной является модель поведения, по которой строится программа. Поэтому уровень процесса верификации автоматных программ увеличивается.

8. Генерация автоматов и генетическое программирование

- Основная сложность в автоматном программировании – построение автоматов
- В большинстве случаев автоматы проектируются вручную
- Однако эвристическое построение автоматов часто затруднено или невозможно
- Решение – автоматическое построение конечных автоматов с помощью генетического программирования
- Это позволит повысить уровень автоматизации построения программ рассматриваемого класса
- Материалы – на сайте <http://is.ifmo.ru> (раздел «Генетические алгоритмы»)

9.1. Беспилотный вертолет

Содержит контроллер на базе ядра ARM7 с частотой 60МГц.

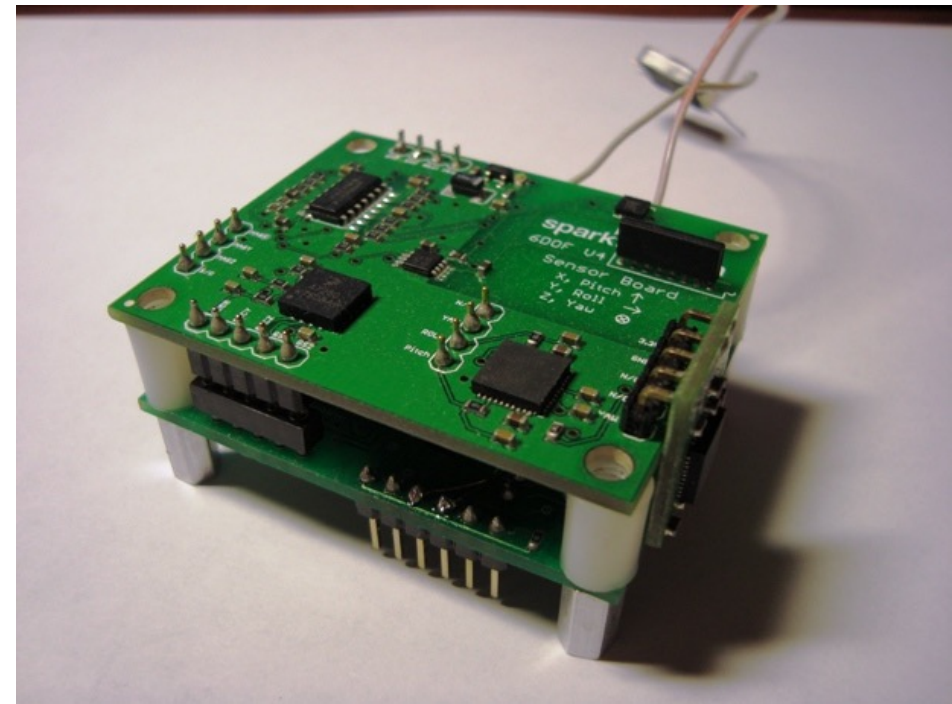
Интегрированную систему радиосвязи радиусом действия 1.5км (скорость 115200 кбит/с)

Трехосевой акселерометр.

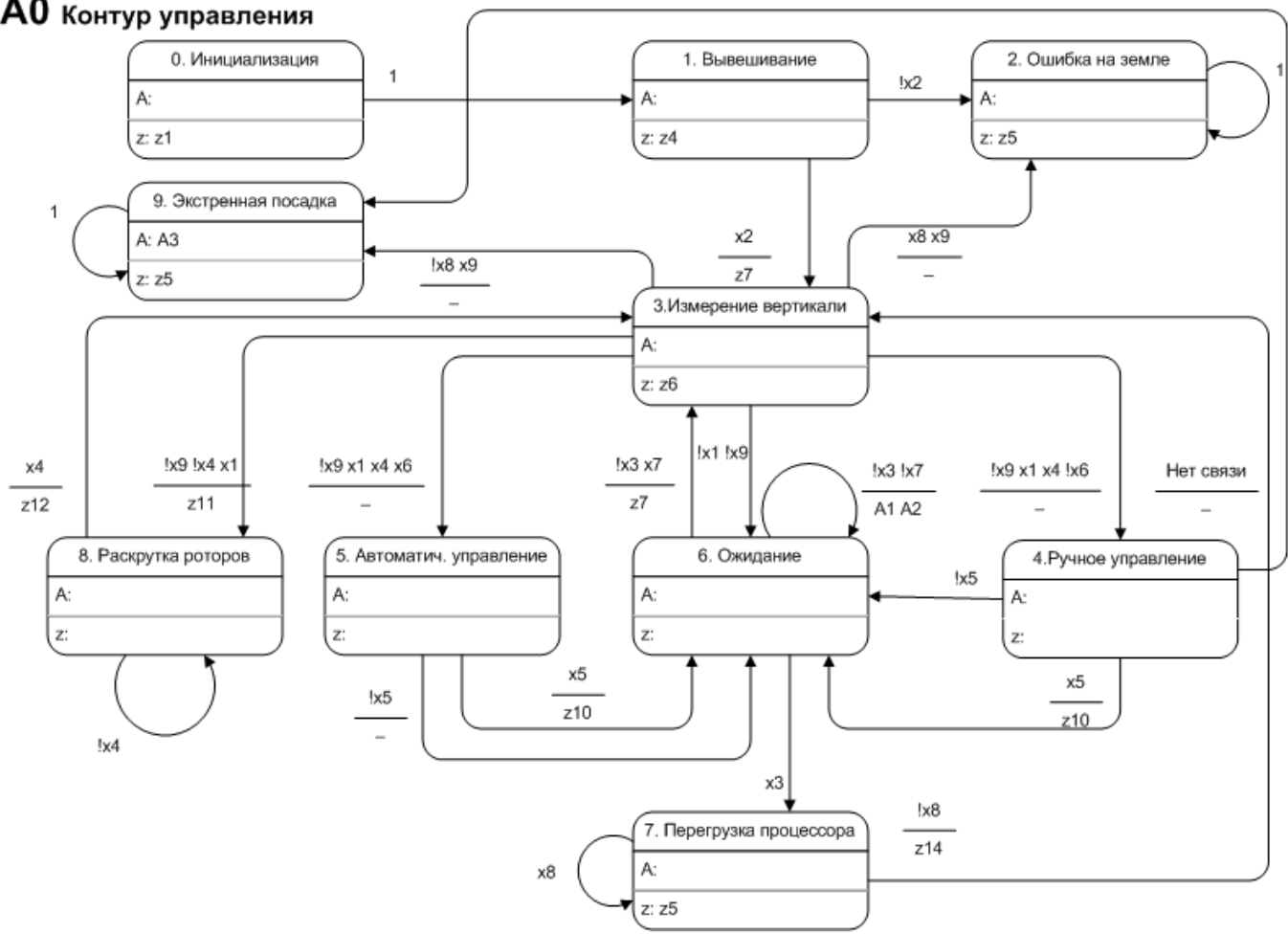
Трехосевой гироскоп.

Магнитный компас

Усилительно-преобразовательные устройства управления двигателями.



A0 Контур управления



- ВХОД A0**
 X1 – Запуск разрешен;
 X2 – Успешное вывешивание;
 X3 – Таймер истек до входа в Ожидание;
 X4 – Ротор раскручен;
 X5 – Такт управления;
 X6 – Режим управления «Ручной»;
 X7 – Истек таймер;
 X8 – Нахожусь на земле;
 X9 – Слишком малая частота работы САУ;

- ВЫХОД A0**
 Z1 – Инициализация;
 Z4 – Вывешивание;
 Z5 – Сообщить об ошибке;
 Z6 – Фильтрация данных;
 Z7 – Сброс таймера;
 Z9 – Останов;
 Z10 – Вывод управления в канал ШИМ;
 Z11 – Раскрутка ротора;
 Z12 – Сброс курсовертикали;
 Z14 – Снижение частоты работы САУ;
 Z15 – Повышение частоты работы САУ;

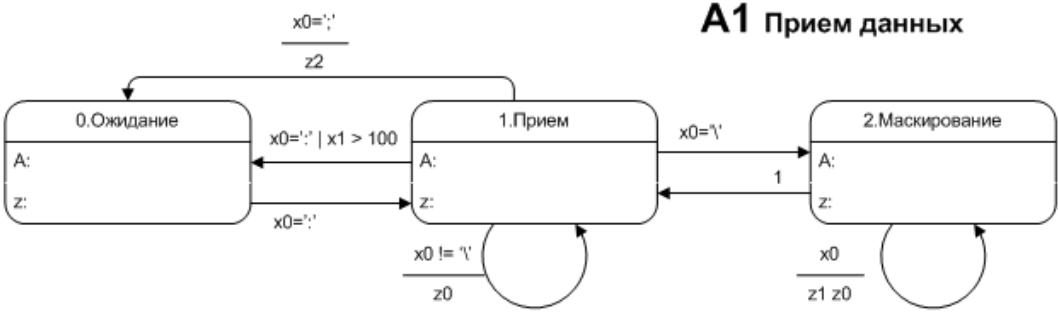
- ВХОД A1**
 X0 – Входящий символ;
 X1 – Длина принятого пакета;

- ВЫХОД A1**
 Z0 – Запись символа в буфер, увеличение X1;
 Z1 – Демаскирование $x0 = x0 \text{ xor } '1'$;
 Z2 – Исполнение команды;

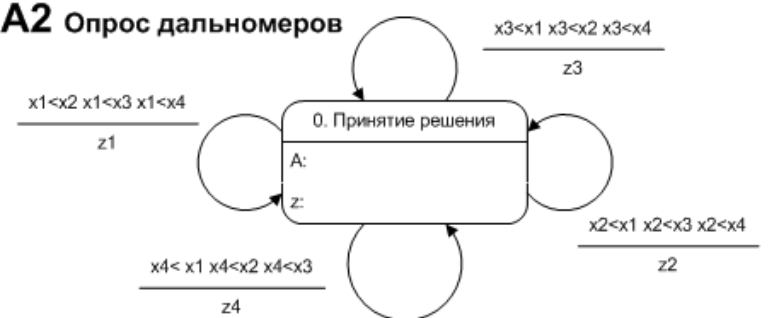
- ВХОД A2**
 X1 – Доверие к дальномеру 1;
 X2 – Доверие к дальномеру 2;
 X3 – Доверие к дальномеру 3;
 X4 – Доверие к дальномеру 4;

- ВЫХОД A2**
 Z1 – Измерение дальномер 1;
 Z2 – Измерение дальномер 2;
 Z3 – Измерение дальномер 3;
 Z4 – Измерение дальномер 4;

A1 Прием данных



A2 Опрос дальномеров

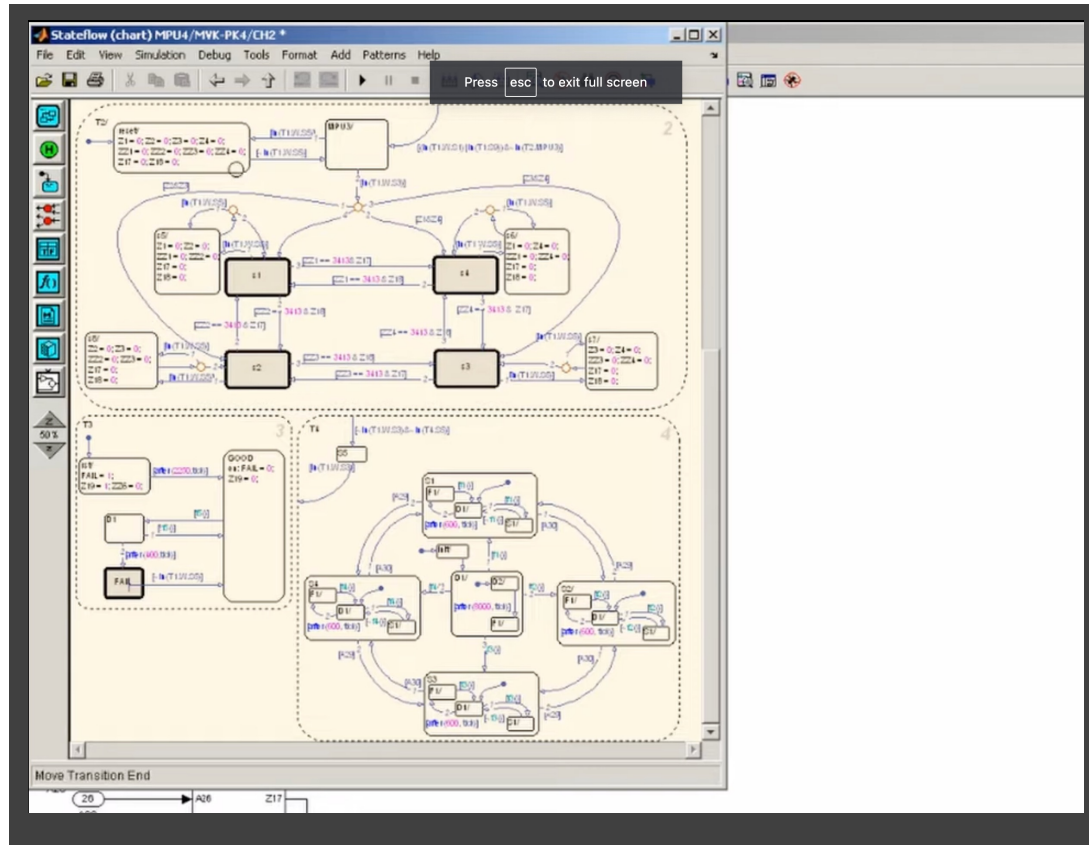


9.3. Беспилотный вертолет



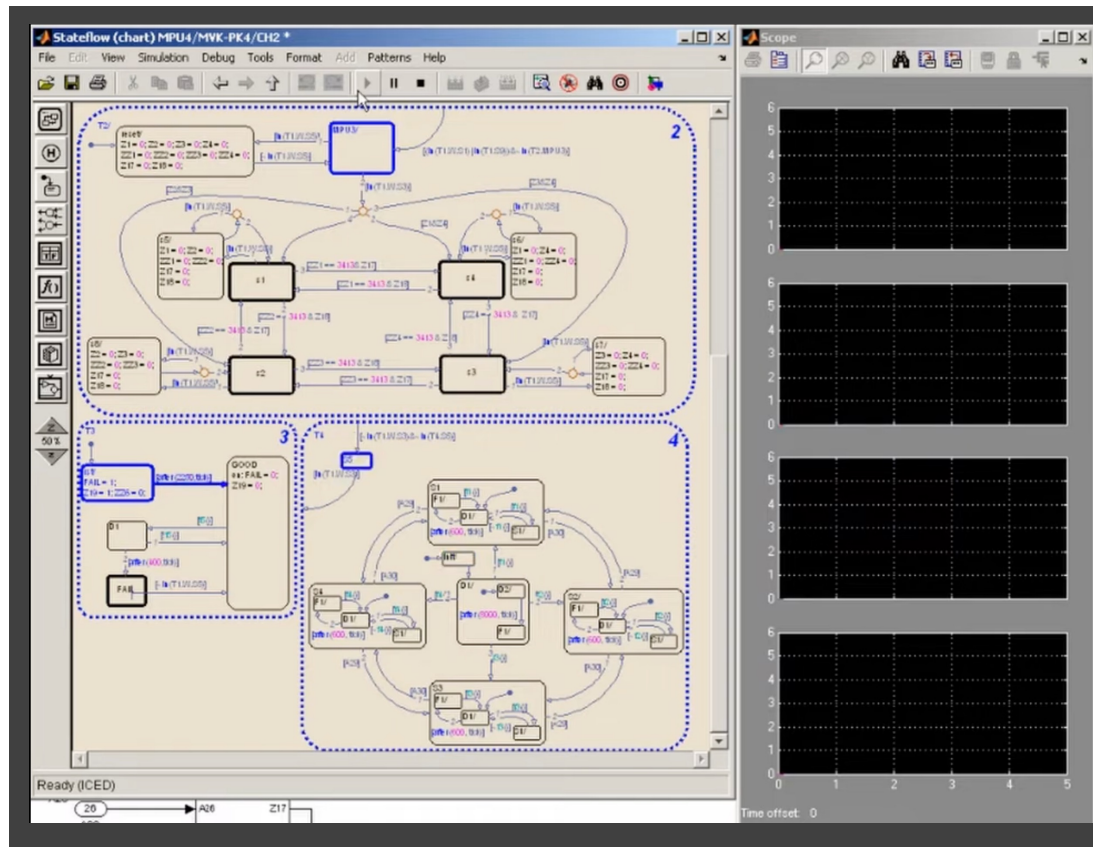
<https://youtu.be/-LuVLH4cV0U>

10. Stateflow



<https://youtu.be/YNWdmnwHZi8>

10. Stateflow



<https://youtu.be/YNWdmnwHZi8>

Публикации

1. Публицистические статьи по автоматному программированию, https://is.ifmo.ru/books/automata_programming.pdf
2. Shalyto A.A. Algorithmic Graph Schemes and Transition Graphs: Their Use in Software Realization of Logical Control Algorithms. I. // Automation and Remote Control. 1996. Vol. 57. No 6, pp. 890-897. (Шалыто А.А. Использование граф-схем и графов переходов при программной реализации алгоритмов логического управления. I // Автоматика и телемеханика. 1996. № 6, с. 148-158. <https://www.mathnet.ru/links/1c1b8635829cfa3dee6e5e05d3f4a487/at3235.pdf>).
3. Shalyto A.A. Algorithmic Graph Schemes and Transition Graphs: Their Use in Software Realization of Logical Control Algorithms. II. // Automation and Remote Control. 1996. Vol. 57. No 7, pp. 1027-1045. (Шалыто А.А. Использование граф-схем и графов переходов при программной реализации алгоритмов логического управления. II // Автоматика и телемеханика. 1996. № 7, с. 144-169. <https://www.mathnet.ru/links/4faec1023543697d4a44d2baa7eac640/at3251.pdf>).
4. Шалыто А.А. Switch-технология. СПб.: Наука, 1998. 628 с., <http://is.ifmo.ru/books/switch/1>.
5. Шалыто А.А. Логическое управление. Методы аппаратной и программной реализации алгоритмов. СПб.: Наука. 2000, 780 с. http://is.ifmo.ru/books/log_upr/1.

6. Shalyto A.A. Software Automation Design: Algorithmization and Programming of Problems of Logical Control // Journal of Computer and System Sciences International. 2000. Vol. 39, No 6, pp. 899-916. http://is.ifmo.ru/articles_en/2000/shalyto-switch-2000.pdf. (Шалыто А.А. Автоматное проектирование программ. Алгоритмизация и программирование задач логического управления // Известия РАН. Теория и системы управления. 2000. № 6, с. 63-81. <https://www.avrorasystems.com/ru/Data/Pressroom/Files/ran.pdf>).
7. Shalyto A.A. Logic Control and «Reactive» Systems: Algorithmization and Programming // Automation and Remote Control. 2001. Vol. 62. No 1, pp. 1-29. http://is.ifmo.ru/articles_en/_log_control.pdf. (Шалыто А.А. Алгоритмизация и программирование для систем логического управления и «реактивных» систем // Автоматика и телемеханика. 2001. № 1, с. 3-39, <http://www.mathnet.ru/links/67df370047def9581c5d8713f122c865/at1715.pdf>).
8. Поликарпова Н.И., Шалыто А.А. Автоматное программирование. Рукопись книги для издательства «Питер». 2008, 168 с., http://is.ifmo.ru/books/_book.pdf.
9. Shalyto A.A. Automata-Based Programming and Automata-Based Control. 2009. http://is.ifmo.ru/articles_en/_2009_10_07_automata_based_programming.pdf.
10. Вельдер С.Э., Лукин М.А., Шалыто А.А., Яминов Б.Р. Верификация автоматных программ. СПб.: Наука. 2011. 242 с. http://is.ifmo.ru/verification/velder_verification_posobie_nauka.pdf.

Публикации

11. Янкин Ю.Ю., Шалыто А.А. Автоматное программирование ПЛИС в задачах управления электроприводом // Информационно-управляющие системы. 2011. № 1, с. 50-56.
<http://www.i-us.ru/index.php/ius/article/view/13825>.
12. Шалыто А.А. Автоматное программирование. 2021. <https://vk.com/@1077823-avtomatnoe-programmirovanie>.
13. Шалыто А.А. Еще об автоматном программировании. 2021. <https://vk.com/@1077823-esche-ob-avtomatnom-programmirovanii>.
14. Шалыто А.А. Валидация автоматных спецификаций // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2023. № 2, с. 436-438.
<https://ntv.ifmo.ru/file/article/21921.pdf>.

Спасибо за внимание!

<http://is.ifmo.ru>

shalyto@mail.ifmo.ru