

© 2023

Павел Кохно

доктор экономических наук, профессор,
директор Института нечётких систем (г. Москва, Российская Федерация)
(e-mail: pavelkohno@mail.ru)

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ИХ ЗАДАЧИ

В статье исследованы тенденции создания и развития автоматизированных систем управления (АСУ). Данные системы путём решения ряда прикладных задач реализуют функции управления производственно-хозяйственной деятельностью предприятий, в т. ч. предприятий оборонно-промышленного комплекса (ОПК). Рассмотрены основные характеристики решения прикладных задач, включая требуемые объёмы оперативной и внешней памяти, максимальное и среднее время решения. Отмечено, что трудности решения некоторых прикладных задач связаны с их нелинейностью. Выделены три этапа организации внутримашинной информационной базы, описана концепция базы данных, а также информационная модель предметной области и модель данных. В зависимости от допустимых структурных компонентов выделены классы моделей данных. Проанализированы технологии программирования, языки и системы поиска слабоструктурированной информации.

Ключевые слова: автоматизированные системы управления, предприятия, прикладные задачи, внутримашинная информационная база, концепция базы данных, предметная область, классы моделей данных, программное обеспечение, когнитивные технологии.

DOI: 10.31857/S020736760027015-5

Прикладные задачи автоматизированных систем управления. Каждая из функциональных подсистем автоматизированной системы управления (АСУ) реализует функции управления производственно-хозяйственной деятельностью путем решения некоторой совокупности прикладных задач (ПЗ) [1]. Процесс решения ПЗ в АСУ включает следующие этапы:

- приём входных сообщений на информационном языке системы;
- синтаксический и семантический анализ входных сообщений;
- преобразование входных сообщений в машинную форму;
- обработка информации, в том числе добавление, удаление, обновление и поиск информации во внутримашинной информационной базе;
- подготовка выходных сообщений в машинной форме;
- преобразование выходных сообщений на информационный язык системы;
- выдача выходных сообщений.

К основным характеристикам решения ПЗ в АСУ относятся требуемые объёмы оперативной и внешней памяти, максимальное и среднее время решения. Значения этих характеристик существенно зависят от принятых методов организации внутримашинной информационной базы.

В процессе развития методов организации внутримашинной информационной базы, как правило, выделяются три этапа. При создании первых АСУ,

а также при экспериментальной реализации отдельных ПЗ в рамках научно-исследовательских работ использовалась традиционная позадачная организация внутримашинной информационной базы. Каждая ПЗ имела свою логическую и физическую организацию данных, а также свои средства добавления, удаления, обновления, поиска и защиты данных. Как отмечено в статье [2], при такой организации практически не выполняется ни одного из перечисленных выше принципов проектирования и реализации ПЗ в АСУ. Это приводило к многократному дублированию данных и к невозможности оперативного внесения изменений в группы данных, дублированных в нескольких файлах.

На втором этапе для организации внутримашинной информационной базы использовалась концепция единой информационной базы. При этом разрабатывалась единая логическая и физическая организация данных для каждой совокупности информационно-связанных ПЗ, решаемых на одном сервере, что почти полностью исключило дублирование данных. Процедуры добавления, удаления, обновления и поиска данных разрабатывались в виде специального комплекса программ, чаще всего входящего в состав фактографической информационно-поисковой системы (ФИПС).

Реализация методов обеспечения целостности и достоверности, а также функций защиты данных, возлагалась на программы ПЗ. Такой подход оказался достаточно эффективным при небольшом числе информационно-связанных ПЗ, когда имеется возможность перед началом разработки ПЗ выполнить проектирование внутримашинной информационной базы. Включение в систему новой ПЗ, не предусмотренной при проектировании информационной базы, может привести к ее перестройке, а в силу отсутствия логической и физической независимости программ от организации данных — к изменению программ разработанных ПЗ. Таким образом, концепция единой информационной базы не обеспечивает выполнения принципов непрерывного развития системы и гибкости информационной базы.

Третий этап развития методов организации внутримашинной информационной базы связан с появлением и развитием концепции базы данных. Концепция базы данных, обеспечивающая выполнение практически всех принципов проектирования и ведения ПЗ в АСУ, явилась закономерным итогом развития информационного, технического, математического и программного обеспечения АСУ.

Одна и та же информационная модель предметной области и модель данных в различных информационных системах может быть инфологической, логической (концептуальной), внешней, и даже физической (внутренней). В системах с использованием СУБД (систем управления базами данных) физические модели данных могут быть легко выделены по их базисам понятий. Сложнее отделить инфологические модели данных от логических и внешних. Если зафиксировать модели данных, применяемые в качестве логических (концептуальных) в современных

СУБД цифровой экономики, то все остальные модели данных, исключая внутреннее, можно использовать как инфологические для описания предметной области сложных систем.

Авторы статьи [3] к логическим (концептуальным) моделям данных отнесли реляционную и объектно-реляционную модели данных. Основу каждой модели данных составляет некоторый набор гипотез о структуре предметной области. Одной из основных является гипотеза о виде структуризации данных, в соответствии с которой можно выделить модели с полной структуризацией данных (класс А), модели с неструктурированными данными (класс В) и модели с частично-структурированными данными (класс С). Модель данных $D \{K, P, L\}$ является моделью с полной структуризацией данных, если для всех структурных компонентов из K в любой информационной модели предметной области $M \{K, P, L, T, Z\}$, построенной с использованием этой модели данных, множество типов структурных компонентов T не может изменяться с помощью операций из P .

Модель предметной области с полной структуризацией данных представляет собой фиксированную классификацию объектов реального мира, точное определение совокупности свойств объектов каждого типа и видов их отношений. Модель данных $D \{K, P, L\}$ является моделью с неструктурированными данными, если для каждого компонента из K в любой информационной модели предметной области $M \{K, P, L, T, Z\}$, построенной с использованием этой модели данных, множество типов этого компонента из T может изменяться с помощью операций из P .

В модели предметной области с неструктурированными данными совокупность видов свойств и видов взаимосвязей объектов реального мира может изменяться в процессе функционирования системы.

Все остальные модели данных, не подпадающие под приведенные определения, являются моделями с частично структурированными данными. В моделях предметной области с частично структурированными данными предварительно фиксируется набор общих свойств и отношений для каждого класса объектов реального мира и вместе с тем допускается существование произвольных индивидуальных свойств и отношений объектов, доопределяемых в процессе функционирования системы.

В зависимости от допустимых структурных компонентов можно выделить следующие классы моделей данных.

1. *Бинарные элементные модели.* Допустимыми структурными компонентами являются элементарные свойства (атрибуты) предметной области и бинарные отношения между ними. Атрибуты определяются уникальным именем, типом и областью допустимых значений. Бинарные отношения между атрибутами также имеют имена и характеризуются средним и максимальным количеством значений каждого атрибута, соответствующих одному значению другого атрибута.

Дополнительно в модели могут специфицироваться структуры функциональных и многозначных зависимостей, алгоритмические зависимости между первичными и производными данными, алгоритмы получения производных данных.

2. *Объектные модели.* Допустимыми структурными компонентами являются сущности (объекты) и отношения между ними, причем каждому типу объектов соответствует некоторая совокупность свойств, задаваемая в виде атрибутов. Некоторое подмножество атрибутов объекта объявляется *первичным ключом*. Отношения между объектами могут быть бинарными и n -парными, функциональными и нефункциональными. Атрибутам, объектам и отношениям присваиваются имена.

3. *Комбинированные модели.* Обобщают модели первых двух классов. Допустимыми структурными компонентами являются атрибуты, отношения между атрибутами, объекты, отношения между объектами. Значения атрибутов могут быть простыми и составными. Объекты могут иметь простую и сложную структуру. Атрибутам, объектам и отношениям присваиваются имена.

4. *Алгебраические модели.* Допустимыми структурными компонентами являются атрибуты, объекты, отношения между объектами, области и структуры. Атрибуты $A_1, \dots, A_n$ рассматриваются как координаты информационного пространства $V = V_1 \times \dots \times V_n$, где $V_i, i = 1, 2, \dots, k$ — область значений атрибута A_i . Каждый экземпляр единственного возможного типа объектов представляется точкой в информационном пространстве. Атрибуты, не имеющие смысла для некоторого экземпляра типа объекта, представлены в нем неопределенными значениями. Допускаются бинарные отношения между экземплярами объекта. Область определяется как любое подмножество информационного пространства. Структура представляет собой множество бинарных отношений между экземплярами объекта. Можно определять линейные, древовидные и сетевые структуры. Над областями возможно выполнение алгебраических операций объединения, пересечения и разности, а также операций выборки.

5. *Реляционные модели.* К этому классу относятся реляционные модели данных, отличающиеся от классической модели данных Кодда. Допустимыми структурными компонентами являются домены, атрибуты и отношения между атрибутами. Значения атрибутов могут быть элементарными и составными. Отношения могут быть бинарными и n -парными. В отношениях задаются первичные и внешние ключи, которые определяют связи между отношениями.

6. *Теоретико-множественные модели.* Допустимыми структурными компонентами являются дуплексы, классические множества, n — мерные кортежи и комплексы. Дуплексом называется упорядоченная пара (p, l) , где p — индикатор позиции, l — значение элемента данных. Классическое множество состоит из дуплексов с неопределенным или фиксированным индикатором позиции. Кортёж размерности n всегда состоит из n дуплексов, а комплекс — из любого числа дуплексов.

7. *Дескрипторные модели.* Допустимыми структурными компонентами модели являются дескрипторы и словари дескрипторов. Может вводиться классификация дескрипторов, между дескрипторами могут устанавливаться связи, что позволяет представить информационную базу в виде последовательности триад, включающих указатель связи, указатель роли и дескриптор. Такое представление позволяет реализовать иерархические и сетевые связи между дескрипторами, описывающими объекты предметной области.

8. *Модели на семантических сетях.* Семантическая сеть представляет собой ориентированный граф с помеченными вершинами и дугами. Вершинам соответствуют экземпляры элементарных объектов, а дугам — семантические отношения между ними. В качестве элементарных объектов выступают атрибуты. Метками дуг являются имена бинарных отношений, определяющих вид связи между вершинами.

9. *Фреймовые модели.* Являются развитием моделей на семантических сетях. Под фреймом понимается специальная информационная структура, состоящая из вершины семантической сети и всех инцидентных ей дуг. В качестве типов структурных компонентов выступают терминальные фреймы и терминальные величины. В качестве допустимых операций выступает множество элементарных правил. Группа элементарных правил связывается с каждой дугой.

В рамках проекта по созданию мультимодельной многоуровневой СУБД развивалась инфологическая модель данных класса В6. Допустимыми структурными компонентами этой модели данных являются дуплексы, мультидуплексы и плексы. У всех экземпляров дуплекса одного типа совпадает значение индикатора позиции. Модель данных класса В7 использовалась в автоматизированной информационной системе управления технологическими процессами на предприятиях оборонно-промышленного комплекса, выпускающих вооружение, военную и специальную технику (ВВСТ) [4]. Основными структурными компонентами этой модели являются признаки (характеристики, атрибуты), объекты и связи между объектами. Каждый признак имеет уникальное имя и множество значений. Отношения между признаками, а также ситуации предметной области описываются в виде экземпляров объектов. Объекты могут иметь простую, иерархическую или сетевую структуру. Экземпляры объектов задаются на языке элементарных триад в виде $X_i Y_j Z_k$, где X_i — имя экземпляра объекта, Y_j — имя признака, Z_k — значение признака.

Решение прикладных задач с учётом описания операций над отношениями канонической модели. Каноническая модель — это модель описания фрагментов предметной области всей разрабатываемой АСУ, удовлетворяющей требованиям: должны существовать методы объединения описаний фрагментов предметной области, соответствующих отдельным ПЗ, в глобальное описание всей предметной области; средствами модели должен описываться процесс решения каждой ПЗ с указанием, какие операции над какими данными и с какой

частотой будут выполняться; должны существовать методы и методики отображения глобального описания предметной области в логические, внешние и физические модели данных применяемых СУБД [5].

Далее разработчик ПЗ должен выделить вторичные ключи в каждом отношении канонической модели фрагмента предметной области и описать, с какой частотой при решении ПЗ будут выполняться операции, связанные с поиском кортежа каждого отношения по первичному ключу; связанные с поиском кортежа каждого отношения по каждому возможному ключу; связанные с поиском всех кортежей каждого отношения по каждому вторичному ключу, совпадающему с внешним ключом; связанные с поиском всех кортежей каждого отношения по каждому вторичному ключу, не совпадающему с внешним ключом.

В статье [6] научно обоснованно доказано, что каждый вторичный ключ относится к одному из трех типов: вторичный ключ, совпадающий с внешним ключом (тип 1); вторичный ключ, определяющий нефункциональную связь между отношениями (тип 2); произвольный вторичный ключ, используемый при решении ПЗ (тип 3).

Вторичный ключ типа 1 для функциональных задач (ФЗ) между отношениями канонической модели фрагмента предметной области R_j и R_i выделяется в том случае, когда при решении ПЗ требуется выполнять поиск всех кортежей отношения R_j , функционально определяющих заданный кортеж отношения R_i . При этом в состав вторичного ключа входят атрибуты, определяющие ФЗ между отношениями, т. е. атрибуты внешнего ключа. Отношения R_i и R_j канонической модели фрагмента предметной области связаны нефункционально, если существуют такие подмножества атрибутов этих отношений R_i^s и R_j^s такие, что каждому атрибуту $B \in R_j^s$ можно поставить в соответствие атрибут $C \in R_i^s$ такой, что $Dom(B) = Dom(C)$, причем все атрибуты C попарно различны.

При построении канонической модели фрагмента предметной области разработчик ПЗ должен выделить те нефункциональные связи между отношениями, которые будут использоваться при решении ПЗ. Вторичный ключ типа 2 для отношения R_i , участвующего в нефункциональной связи с отношением R_j , выделяется в том случае, когда при решении ПЗ требуется выполнять переход по этой связи от кортежей отношения R_j к кортежам отношения R_i . При этом в состав вторичного ключа входят атрибуты, участвующие в определении нефункциональной связи. Для нефункциональных связей, по которым при решении ПЗ требуется выполнять переход в обоих направлениях, выделяются два вторичных ключа типа 2, по одному в каждом отношении нефункциональной связи.

Для каждого выделенного вторичного ключа в канонической модели фрагмента предметной области задается среднее и максимальное число возможных значений ключа. К поиску кортежа каждого отношения по первичному ключу приводят операции добавления кортежа в отношение, удаления кортежа, обновления кортежа, поиска кортежа по первичному ключу при решении ПЗ, добавления кортежа в функционально определяющее отношение по первичному ключу.

К поиску кортежа каждого отношения по каждому возможному ключу приводят операции добавления кортежа в отношение, обновления кортежа, поиска кортежа по возможному ключу при решении ПЗ, добавления кортежа в функционально определяющее отношение по возможному ключу. К поиску кортежей каждого отношения по каждому вторичному ключу приводят операции удаления кортежа из функционально зависимого отношения (для вторичных ключей типа 1 и ФЗ между отношениями типов 1 и 2) и поиска кортежей по возможному ключу при решении ПЗ.

При заполнении таблицы описания канонической модели фрагмента предметной области разработчик ПЗ должен руководствоваться следующими правилами:

- число реализаций операции добавления кортежа в отношение равно сумме числа реализаций операции добавления кортежа в отношение в алгоритме решения ПЗ и числа реализаций операций добавления кортежей во все функционально определяющие отношения типа 1;

- число реализаций операции удаления кортежа из отношения равно сумме числа реализаций операции удаления кортежа из отношения в алгоритме решения ПЗ и числа реализаций операций удаления кортежей из всех функционально зависимых отношений типов 1 и 2;

- число реализаций операции поиска кортежа отношения по первичному ключу равно сумме числа реализаций операции поиска кортежа отношения по первичному ключу в алгоритме решения ПЗ, числа реализаций операции обновления кортежа в алгоритме решения ПЗ и числа реализаций операций добавления кортежей во все функционально определяющие отношения типов 1 и 2 и 1:1 по первичному ключу.

При заполнении таблицы описания канонической модели фрагмента предметной области разработчик ПЗ должен руководствоваться следующим правилом: число реализаций операции поиска кортежа отношения по каждому возможному ключу равно сумме числа реализаций операции поиска кортежа отношения по этому возможному ключу в алгоритме решения ПЗ, числу реализаций операции добавления кортежа в отношение в алгоритме решения ПЗ, числу реализаций операции обновления кортежа в алгоритме решения ПЗ и числу реализаций операций добавления кортежей во все функционально определяющие отношения типов 1 и 2 по этому возможному ключу.

При заполнении таблицы описания канонической модели фрагмента предметной области разработчик ПЗ должен руководствоваться следующим правилом: число реализаций операции поиска кортежей по каждому вторичному ключу равно сумме числа реализаций операций поиска кортежей по этому вторичному ключу в алгоритме решения ПЗ и числу реализаций операций удаления кортежа из функционально зависимых отношений для вторичных ключей типа 1 и ФЗ между отношениями типов 1 и 2.

Для построения концептуальной схемы БД, обеспечивающей заданное максимальное и среднее время решения ПЗ при наличии минимальной избыточности данных, применяется итерационный процесс, состоящий из следующих шагов [7]:

- 1) строится начальная концептуальная схема, обеспечивающая минимизацию объемов памяти под хранение данных для любого фиксированного метода физической организации БД;

- 2) для имеющейся концептуальной схемы варьируются методы построения внутренней схемы и выбираются те из них, которые обеспечивают заданное максимальное и среднее время решения ПЗ с минимальными затратами памяти под хранение данных;

- 3) если не удалось найти методов внутренней организации данных, удовлетворяющих условиям шага 2, то производится модификация имеющейся концептуальной схемы и снова выполняется шаг 2. При использовании в АИС (автоматизированной информационной системе) реляционных СУБД в качестве начальной концептуальной схемы БД выбирается описание канонической модели предметной области.

В результате выполнения описанных выше шагов проектирования канонической модели предметной области АИС для выбора частот для скоростного Интернета получена каноническая модель предметной области.

Задача проектирования физической структуры БД состоит в нахождении такого отображения логической структуры БД на физические структуры данных, поддерживаемые выбранной СУБД, при котором достигается экстремума функция, выражающая критерий эффективности, и выполняется система ограничений, учитывающих максимальные допустимые временные и объемные характеристики, а также отражающих связи между параметрами структуры хранения.

При рассматриваемом подходе к проектированию БД АИС оценки качества скоростного Интернета в качестве обобщенной логической структуры БД для любого типа СУБД используется каноническая модель предметной области в виде множества отношений в четвертой нормальной форме с заданными функциональными зависимостями различных типов между отношениями.

В результате решения задачи отображения канонической модели предметной области на физическую память прямого доступа можно получить обобщенную физическую структуру БД, не зависящую от типа СУБД, а затем отобразить ее на физические структуры конкретной СУБД. Разработка внутренней схемы БД производится на основе унифицированной математической модели задачи проектирования физической структуры БД для любых СУБД.

В этой модели критерий производительности представляется целевой функцией и строится система ограничений, учитывающих максимальные допустимые временные и объемные характеристики, а также отражающих связи между параметрами структуры хранения данных.

Перспективные парадигмы и технологии программирования, языки и системы.

В области разработки программных продуктов Российская Федерация занимает одно из лидирующих положений в мире [8, 9, 10]. Среди российских компаний ведущее место занимают Лаборатория Касперского (информационная безопасность, компания входит в список ведущих мировых и европейских поставщиков программного обеспечения с оборотом более 800 млн долл.), 1С (программы делового и домашнего назначения, а также компьютерные игры, компания входит в список ведущих европейских поставщиков программного обеспечения с оборотом более 300 млн долл.), Dr.Web (информационная безопасность), ABBYY (продукты для автоматизации документооборота, в том числе лингвистические), Galactica (автоматизация управления хозяйственной деятельностью предприятий), Positive Technologies (информационная безопасность). При этом на мировом рынке практически не представлены российские компании, работающие в других сегментах рынка программного обеспечения.

В настоящее время выделяют следующие основные парадигмы программирования: императивная парадигма программирования (в этой парадигме процесс вычисления описывается как набор инструкций, изменяющих состояние программы); функциональное программирование (в этом варианте процесс вычисления трактуется как процесс вычисления значения функции); логическое программирование, основанное на математической логике, и в частности на автоматическом доказательстве теорем; объектно-ориентированное программирование (в этом подходе основными концепциями являются понятия объектов и классов); аспектно-ориентированное программирование (одна из новейших парадигм программирования — ее основным инструментом являются аспекты, под которыми понимаются модули, реализующие сквозную функциональность). На сегодня существует несколько аспектно-ориентированных языков и инструментов (AspectJ, PostSharp и др.).

Большинство языков программирования используют несколько парадигм программирования в зависимости от решаемой задачи. Важнейшие направления развития раздела: разработка парадигм и технологий программирования гетерогенных вычислительных систем (классические, квантовые вычисления, оптические вычисления, молекулярные вычисления и др.). Отличительной особенностью таких парадигм будет параллельность. Практическая реализация такого подхода возможна при создании языка, выполняющего роль координатора между различными модулями, действующими на различных принципах; разработка парадигм и технологий программирования для облачных технологий и мобильных приложений.

Важнейшим продуктом является программное обеспечение (ПО) для «Интернета вещей». Модели, алгоритмы и программное обеспечение для приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации. Важнейшими направлениями развития этого являются: реконфигурируемые производственные системы (РПС). Прогноз технологического развития РПС

в среднесрочной перспективе заключается в создании методологического, математического и алгоритмического обеспечения процесса управления РПС. В долгосрочной перспективе разработка элементов аппаратно-программной реализации РПС в соответствии с современным научно-техническим уровнем; создание конкурентоспособной продукции и услуг и разработка рекомендаций по использованию результатов проведенных НИР, что приведёт к преодолению импортозависимости машиностроительной продукции; суперкомпьютеры и высокопроизводительные вычисления.

Создание отечественных многопроцессорных вычислительных комплексов позволит разрабатывать цифровые модели сложных конструкций, точное описание и воспроизведение природных явлений и процессов, тонкую многопараметрическую оптимизацию; распределенные grid (без сети, так как они являются составным элементом) и облачные технологии.

Создание grid-инфраструктур (без сетей) нового поколения от корпоративного до национального масштаба включает разработку проблемно-ориентированных пользовательских интерфейсов на основе веб-сервисов; технологий развертывания, управления и эксплуатации облачных сервисов; сети / электронная инфраструктура / интернет; организацию магистральных каналов по технологии DWDM, либо в качестве заказанной услуги связи, либо на выделенном (арендованном) оптическом волокне в уже существующих оптических кабельных сетях крупнейших магистральных операторов; прикладного программного обеспечения.

В настоящее время на российском рынке облачные сервисы предоставляются только для крупного бизнеса в формате B2B, многие западные вендоры планируют построение сети дата-центров. Существуют платформы Microsoft, IBM, HP для использования платформы как сервиса и программного обеспечения как сервиса.

В целом потребности в облачных технологиях в России слабо обозначены, в связи с ограниченностью предложения, а также неразработанностью вопросов реализации СУБД и программ промежуточного слоя.

Также ограничены возможности построения систем поиска слабоструктурированной информации, обеспечения функционирования отказоустойчивых информационных кластеров с реплицируемыми данными; платформы для разработки порталов, разработки веб-ориентированных приложений, использующих возможности персонализации и способных обрабатывать большие объемы данных [11]. Отсутствие подобных технологий останавливает разработку государственных систем по сбору данных с приборов учета по российским монополиям, единых систем государственного учета в рамках электронного правительства и др.

Когнитивные технологии. Важнейшими трендами и системными вызовами ближайшего будущего следует считать развитие когнитивных технологий,

поддерживающих системы искусственного интеллекта, глобальные информационные сети, биотехнологии, нанотехнологии. Основные прорывы следует ожидать в области междисциплинарных и конвергентных технологий, когда мощный синергетический эффект от использования комплекса технологий повлечет принципиально новые подходы к решению сложных технических проблем [12, 13, 14].

Важнейшими направлениями развития когнитивных технологий являются:

- обеспечение следящих и контролирующих систем (оценки состояния объектов, решение обратных задач, воссоздание истории и прогнозирования поведения системы, ситуационное моделирование, оперативное принятие решений);

- компьютерное моделирование наноматериалов, наноустройств и нанотехнологий для повышения эффективности и снижения ресурсоемкости технологий по созданию новых материалов и устройств, а также технологии доступа к широкополосным мультимедийным услугам, технологии поиска, сбора, хранения, обработки, предоставления, распространения и защиты информации, создание единого информационного «междисциплинарного» пространства (объединение информационных смежных пространств), семантические задачи (от семантического поиска до семантического анализа);

- создание роботов и приборов, реализующих системы искусственного интеллекта и автоматического проектирования и управления;

- технологии наноустройств и микросистемной техники, разработка нейробиоинтерфейсов, биоподобных и антропоморфных технических устройств и систем, в том числе робототехнических, технологии компьютерного моделирования технически сложных изделий и систем, а также объектов промышленной инфраструктуры.

Литература

1. *Кохно П.А., Кохно А.П., Артемьев А.А.* Математика инновационного развития / Монография // Тверь: Издательство Тверского государственного университета. 2023. — 230 с.
2. *Карпук А.А., Кохно П.А.* Этапы разработки функциональных задач с использованием унифицированных подсистем // Вопросы специальной радиоэлектроники. Серия СОИУ. 1985. Вып. 7. С. 62–66.
3. *Карпук А.А., Кохно П.А.* Информационно-расчетная подсистема планирования НИР — компонента АСУ производственной деятельности // Вопросы специальной радиоэлектроники. Серия СОИУ. 1989. Вып. 21. С. 10–16.
4. *Белоногов Г.Г., Кузнецов Б.А.* Языковые средства автоматизированных информационных систем // М.: Наука. 1983. — 288 с.
5. *Калиниченко Л.А., Рамъялг А.Е.* Логика отображения сетевой модели данных в реляционную // Программирование. 1979. № 2. С. 73–83.
6. *Карпук А.А., Кохно П.А.* Методика проектирования канонической модели предметной области функциональных задач в АСУ специального назначения // Вопросы специальной радиоэлектроники. Серия СОИУ. 1991. Вып. 6. С. 63–66.
7. *Карпук А.А., Кохно П.А.* Конструирование и преобразование информационных сообщений при ведении базы данных // Научно-техническая информация. Серия 2. Информационные процессы и системы. 1991. № 8. С. 16–21.

8. *Кохно П.А.* ОПК в экономике / Монография // Москва: Первое экономическое издательство. 2022. — 260 с.
9. *Кохно П.А.* Цифровые технологии брендинговых компаний // Научно-техническая информация. Серия 2: Информационные процессы и системы. 2023. № 3. С. 27–31.
10. *Енин Ю.И., Кохно П.А., Подобед Н.А.* Цифровые технологии в промышленном производстве. Экономика, право и проблемы управления: сборник научных трудов / Частное учреждение высшего образования "Международный институт управления и предпринимательства" // Минск: РИВШ. 2023. № 11. С. 3–13.
11. *Кохно П.А.* Направления развития информационно-коммуникационных технологий // Научно-техническая информация. Серия 1. Организация и методика информационной работы. 2023. № 5. С. 1–6.
12. *Кохно П.А., Кохно А.П.* Высокотехнологичная промышленная экономика / Монография // Москва: Первое экономическое издательство. 2022. — 260 с.
13. *Кохно П.А., Кохно А.П.* Ключевые тенденции научно-технологического развития. Научно-технологическое и инновационное сотрудничество стран БРИКС: Материалы международной научно-практической конференции. Вып. 1 // РАН. ИНИОН. Отд. науч. сотрудничества; отв. ред. В.И. Герасимов // М., 2023. С. 137–140. — 525 с.
14. *Кохно П.А., Кохно А.П.* Перспективы развития радиоэлектронной промышленности // Вестник воздушно-космической обороны. 2022. № 1. С. 31–38.

Pavel Kokhno (e-mail: pavelkohn@mail.ru)

Grand Ph.D. in Economics, Professor,

Director of the Fuzzy Systems Institute (Moscow, Russian Federation)

AUTOMATED CONTROL SYSTEMS AND THEIR TASKS

The article explores the trends in the creation and development of automated control systems (ACS) that manage production while solving various applied problems, incl. those related to the military-industrial complex.

The characteristics of some applied problems are considered, together with the required volumes of RAM and external memory, the maximum and average solution time. It is noted that the difficulties in solving some applied problems are associated with their nonlinearity. Three stages of the organization of an intramachine information base are singled out, the concept of a database is described, as well as an information model of the subject area and a data model. Depending on the permissible structural components, classes of data models are distinguished. Programming technologies, languages and semi-structured information search systems are analyzed.

Keywords: automated control systems, enterprises, applied tasks, intramachine information base, database concept, subject area, classes of data models, software, cognitive technologies.

DOI: 10.31857/S020736760027015-5