

---

---

# МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА И УПРАВЛЕНИЯ

---

---

УДК 681.322

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ НА ОСНОВЕ ПРОЦЕССНОГО ПОДХОДА

В. А. Дурденко, М. А. Ильичев

*Воронежский институт инновационных систем  
Воронежский институт МВД РФ*

Поступила в редакцию 14.10.09

**Аннотация.** Рассмотрены особенности построения функциональных моделей при создании систем распознавания образов с позиций иерархического представления систем. Отмечены основные недостатки указанного описания систем распознавания, а также сложности, возникающие при построении функциональных моделей. Рассмотрена используемая в настоящее время методология системного проектирования. Предложен новый подход к описанию особенностей работы систем распознавания, позволяющий оптимизировать технологию их создания на базе процессно-функциональной модели, а также вопросы управления и работы, за счет ориентации не только на функциональную взаимосвязь отдельных блоков, но, прежде всего, на протекающие в системах процессы.

**Ключевые слова:** функциональные модели, системы распознавания образов, процессно-функциональная модель системы распознавания образов, методология системного проектирования.

**Abstract.** Specification of functional models building when creating Object Recognition is treated from the point of view of System Representation Hierarchy. Main bottlenecks of the Recognition Systems' description are stated as well problems arising at functional models building. Contemporary methodology of Systems Projection is described. Advanced approach to describing of Recognition Systems' performance is introduced. The approach allows to optimize the technology of the process-function-based Systems' production as well as control and performance issues due to their orientation not only to the functional relations of separate units but mainly to the processes inside the Systems.

**Key words:** functional models, pattern recognition systems, process-functional models of pattern recognition systems, methodologies of systems projection.

### ВВЕДЕНИЕ

Современные системы распознавания образов представляют собой сложные технические комплексы, включающие в свой состав большое количество подсистем и средств, обеспечивающих решение задач регистрации и обработки поступающих сигналов, распознавания объекта исследования, хранения информации и представления ее в удобном для пользователя виде.

Процесс создания системы распознавания образов (как и любой автоматизированной системы) предполагает разработку на этапе исходного концептуального проектирования функциональной модели, которая определяет пере-

чень реализуемых системой функций (действий), взаимосвязи между ними в процессе решения задач распознавания в определенной предметной области и задающей общую стратегию работы системы. При этом под функцией понимается совокупность действий системы, направленная на достижение определенной цели, в данном случае — распознавание объектов предметной области. Эта функция реализуется за счет функций более низкого порядка.

### 1. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ

Функционирование систем распознавания образов может быть представлено в виде согласованной реализации процессов двух типов: информационных и физических.

---

© Дурденко В. А., Ильичев М. А., 2009

Информационные процессы связаны с накоплением, обработкой и преобразованием информации в решения. Физические — с регистрацией поступающих на вход объектов.

В соответствии с этим, а также принципами иерархического описания систем [1], функционирование систем должно рассматриваться на двух уровнях: обработки информации и физических процессов регистрации.

Решения, принимаемые на уровне обработки информации, образуют свою функциональную иерархию — слои. Здесь можно выделить три слоя принятия решений: обработка, обучение и непосредственно распознавание.

Зарегистрированные характеристики объекта исследования поступают на уровень обработки информации, где преобразуются к виду, удобному для анализа.

На слое обучения производится накопление информации, ее структуризация, формирование возможных решений и определяются алгоритмы принятия этих решений. По мере накопления информации состав возможных решений и алгоритмы могут меняться. На слое распознавания производится обработка текущей информации, распознавание объекта, имеющего место в данный момент времени, и принятие дальнейшего решения.

Поскольку систему распознавания образов целесообразно рассматривать как систему открытого типа, допускающую широкое общение

с компьютерными программами и базами данных, в которых заложена требуемая информация, то должна предусматриваться также возможность ввода и обработки информации, поступающей от внешних источников.

Общее управление системой осуществляет пользователь, который производит ее запуск, определяет вид выводимой информации (конечный результат, промежуточные результаты), выбирает способ визуализации информации, управляет процессом ввода и вывода.

Приведенное иерархическое описание системы распознавания образов систем может быть представлено в виде обобщенной функциональной модели (рис.1).

Здесь введены следующие обозначения:

“ $I_1$ ” — информация о зафиксированном объекте;

“ $I_2$ ” — информация, поступающая от внешних источников;

“ $I_3$ ” — информация по принятому решению;

“ $U_1$ ” — управляющие команды, задающие процесс обработки и накопления информации;

“ $U_2$ ” — управляющие команды, задающие процесс регистрации объектов;

“ $V_1$ ” — физическое воздействие на объекты (при необходимости);

“ $V_2$ ” — характеристики, подлежащие регистрации;

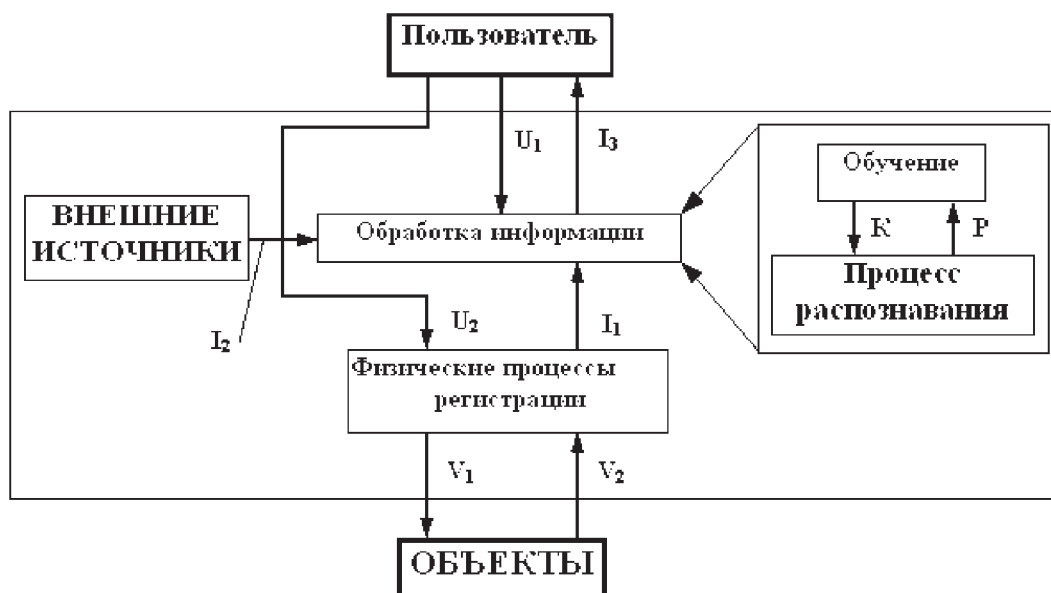


Рис.1. Обобщенная функциональная модель системы распознавания

“Р” — результаты распознавания;

“К” — корректировка алгоритмов распознавания.

Каждый из процессов регистрации и преобразования информации в системах распознавания, показанных на рис. 1, может быть детализирован и представлен в виде совокупности взаимосвязанных функциональных блоков, реализующих определенные действия.

Кроме создания функциональной модели сопутствующими этапами создания системы распознавания являются следующие.

1. Выбор области применения системы и обоснование ее цели исходя из целей более высокого порядка (“надсистемы”).

2. Определение альтернативных вариантов построения системы распознавания.

3. Описание ситуаций функционирования и построение соответствующих алгоритмов.

4. Оценка эффективности вариантов построения системы распознавания, и выбор предпочтительного варианта.

Зачастую разработчик, стремясь к достижению некоторого универсального варианта построения системы, может серьезно усложнить ее описание, в результате чего адекватное отображение процесса работы с использованием функциональных моделей и алгоритмов работы представляется достаточно трудоемкой задачей.

Такая ситуация может возникнуть, например, когда решаемые системой задачи определяются уже в процессе ее работы и зависят от возможных целей надсистемы. При этом разработчик вынужден либо предельно усложнять функциональную модель, либо строить ряд моделей для каждой из целей.

Вместе с тем становится очевидным, что возможным следствием усложнения описания системы является снижение ее потенциальной эффективности за счет того, что разработчик может пропустить некоторые функциональные связи или добавить избыточные. Во втором случае также происходит усложнение описания за счет построения ряда функциональных моделей, что в свою очередь приводит к необходимости организации корректных переходов между моделями для различных целей, процессов и режимов.

Следует отметить, что функциональная модель (рис. 1) не обеспечивает полноту описания процессов и режимов работы системы распознавания и не дает целостного и наглядного

представления об их взаимодействии и временной последовательности. Фактически отсутствует возможность оценки избыточности или недостаточности тех или иных информационных связей.

Это связано с тем, что построенная функциональная модель определяет лишь совокупность реализуемых системой функций, их иерархическую взаимосвязь, а также задает общую стратегию работы, не позволяя четко формализовать последовательность и условия переходов между процессами и внутри них, а также работу отдельных режимов системы. Данный недостаток, как правило, компенсируется заданием системы алгоритмов, которая совместно с функциональной моделью определяет работу системы, усложняя при этом ее описание и тем самым затрудняя дальнейший анализ.

## 2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОЦЕССНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА ДЛЯ СОЗДАНИЯ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ

Одним из существенных недостатков функциональной модели является невозможность еще на ранних этапах создания системы получить достаточно четкое представление об особенностях ее функционирования, оценить достаточность или избыточность информационных процессов. Вследствие этого возникает потребность в оптимизации описания работы систем не только с учетом функциональной взаимосвязи блоков, но и протекающих процессов. Такой подход является процессно-ориентированным [2].

Анализ протекающих в системе (рис. 1) информационных и управляющих процессов показывает, что все они условно подразделяются на внутренние и внешние. Внутренними являются процессы преобразования информации на основе поступивших данных в соответствии с заданными управляющими воздействиями. Внешние процессы представляют собой команды управления для задания определенного режима работы, характеристики объектов исследования, поступающая информация от внешних источников, а также информация по принятому решению.

Такая классификация процессов позволяет получить так называемую процессно-функциональную модель системы распознавания образов (рис. 2).

Представленная модель является расширением рассмотренной функциональной модели.

На рисунке дополнительно введено обозначение результатов процесса обработки информации — “ $I_{1,2}$ ”, сигнал завершения процесса обучения — “1” и управляющая команда для возобновления процесса обучения — “ $U_3$ ”.

Введение логических операций “&” позволяет четко задать условия перехода на другие слои иерархии. Например, после предварительной обработки характеристик объекта “ $I_1$ ” и данных “ $I_2$ ”, информация “ $I_{1,2}$ ” на слой распознавания может поступить при условии, что процесс обучения завершен и из блока “О” поступил сигнал разрешения “1”. С другой стороны результаты распознавания “Р” для корректировки процессов обучения могут поступить в блок “О”, только при наличии запроса со стороны пользователя “ $U_3$ ” (управляющие команды).

На рис.2 введены следующие сокращения блоков:

- “РО” — регистрация объекта;
- “ПО” — предварительная обработка;
- “О” — обучение;
- “Р” — распознавание;
- “&” — логическая операция “И”.

Общая идеология работы системы сохраняется и соответствует рассмотренному иерархическому описанию. При этом протекающие процессы создания и функционирования системы приобретают наглядность и четкую направленность. Любой из процессов каждого из уровней при необходимости можно детализировать, получив при этом процессно-функциональную модель более низкого уровня.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Достаточно широко проработанная и используемая в настоящее время методология системного проектирования предполагает, что процесс создания системы сводится к генерации определенного множества вариантов на данном уровне детализации и выбору наилучшего в соответствии с некоторой функцией полезности. Следовательно, в процессе проектирования сочетаются две тенденции — генерация многообразия вариантов и усечение выбранного множества [3]. Применение процессного подхода позволит еще на более высоких уровнях иерархии принятия решений о составе и функциях системы исключить ряд неудовлетворительных вариантов, существенно сократив вычислительные затраты на нижестоящих уровнях.

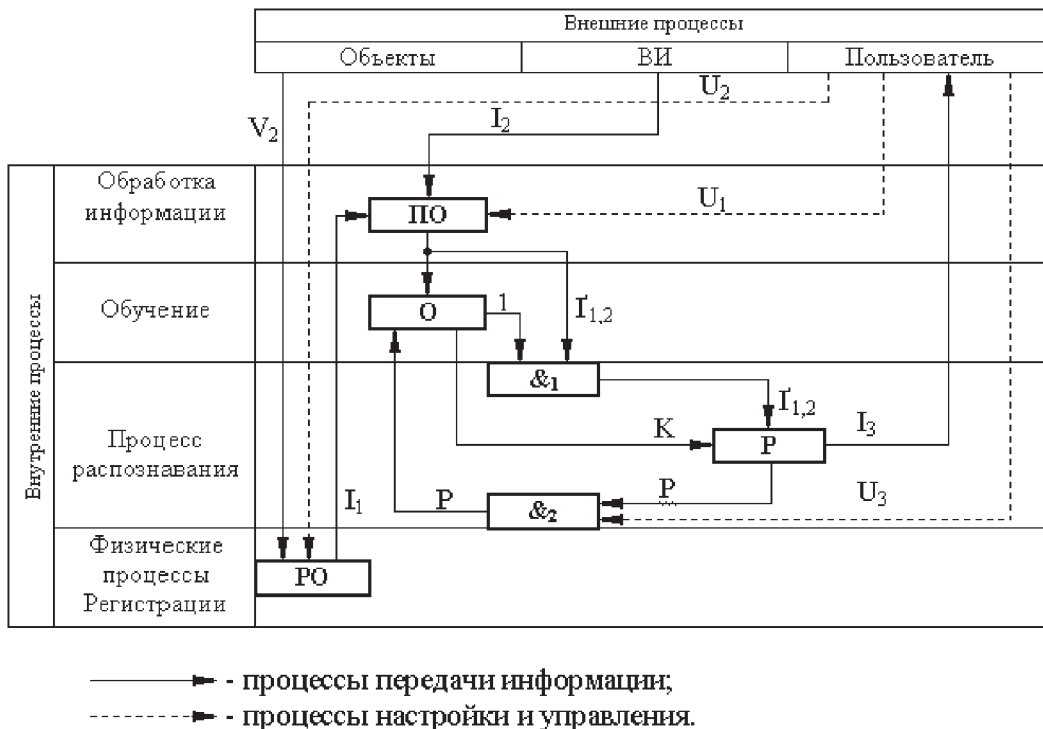


Рис. 2. Процессно-функциональная модель системы распознавания

Таким образом, полученная процессно-функциональная модель позволяет комплексно подойти к вопросам проектирования и управления работой систем распознавания, а также определить перечень информационных процессов различных уровней иерархии, подлежащих оптимизации.

**Дурденко Владимир Андреевич** — д.т.н., профессор кафедры менеджмента, Воронежский институт инновационных систем. Тел. (4732) 354-898. E-mail: dva\_viis@mail.ru

**Ильичев Михаил Александрович** — к.т.н., доцент кафедры технических систем безопасности Воронежского института МВД РФ. Тел. (4732) 312-412. E-mail: maip@rambler.ru

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Месарович М., Мако Д., Такахага И. Теория иерархических многоуровневых систем. — М.: Мир, 1973. — 344 с.

2. Репин В. В., Елиферов В. Г. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов. — М.: РИА «Стандарты и качество», 2004. — 408 с.

3. Мангейм М. Л. Иерархические структуры. Модель процессов проектирования и планирования. — М.: Мир, 1970. — 180 с.

**Durdenko Vladimir A.** — Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Management, Voronezh Institute of Innovation System. Tel. (4732) 354-898. E-mail: dva\_viis@mail.ru

**Ilyichev Mikhail A.** — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Security and Communication Technical System, Voronezh Institute of the Russia Ministers Interior. Tel. (4732) 312-412. E-mail: maip@rambler.ru