

ТЕОРИЯ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ. АКТИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ – II

Исследуется проблема идентификации и управления активными процессами в условиях неполной информации. Рассматриваются задачи управления процессами реализации полученных управленческих решений и оценки результатов их воздействия на активную систему. Предлагается метод исследования активных систем средствами компьютерного моделирования. Приводятся непараметрические алгоритмы принятия решений.

Ключевые слова: активные системы, идентификация, априорная информация, измерение, Н-процессы, непараметрические модели, непараметрические алгоритмы, управление, дискретно-непрерывные процессы, К-модели.

Теория – в виду практики.

Девиз конгрессов IFAC

Важнейший путь к истине – это познание вещей какими они есть на самом деле...

Д. Локк

Как и ранее [1], продолжим сравнительный анализ активных и технических систем. Существенным здесь является то, что «входные-выходные» переменные организационного процесса являются как вещественными, так и экспертными оценками, т. е. переменными, оценку (измерение) которых может дать только эксперт или группа экспертов. Оценка их может даваться в различных шкалах. В отличие от технических систем управления, в активных системах управления появляется необходимость введения контуров управления процессом реализации уже полученных управленческих решений. Последние также должны быть отнесены к классу активных процессов. Наконец, оценка выходных переменных процесса – отклик системы на соответствующие управляющие воздействия – осуществляется также активной системой, включающей в себя человека (группу экспертов). Безусловно, здесь важную роль будут играть психологические, эмоциональные и другие черты человека, а также опыт экспертов. Возможно, именно по этой причине управление организацией, регионом и другими системами часто относят скорее к искусству, чем к науке. Представляется, что наиболее эффективным направлением создания систем управления активными процессами является органический рациональный синтез двух составляющих: искусства и науки на основе уже накопленного опыта.

В этом случае повышается роль исследований в области обучающихся систем [2–4]. Действительно, к активным системам управления (а это, наиболее вероятно, интеллектуальные компьютерные системы) естественно предъявить требования обучаемости, т. е. повышения качества управления в процессе своего функционирования. Иными словами, обучающаяся активная система управления в процессе своего функционирования должна становится все более «умной». А это связано не только с накоплением и анализом данных, что является само по себе не очень простой задачей, но и с развитием теории обучающихся и самообучающихся систем.

Управление активными системами. Сначала приведем укрупненную схему управления техническим объектом, в достаточной степени приближенную к реальности (рис. 1).

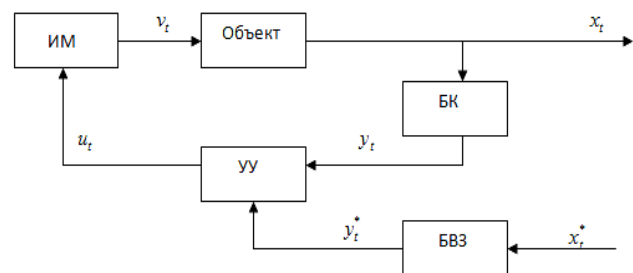


Рис. 1. Упрощенная схема управления техническим объектом

Здесь введены следующие обозначения: УУ – управляющее устройство; ИМ – исполнительный механизм; БК – блок контроля; БВЗ – блок выдачи задания; u_t – полученное (расчетное) управляющее воздействие; v_t – управляющее воздействие, поданное ИМ на объект; x_t – выходная переменная объекта; y_t – измеренное значение x_t ; x_t^* – заданное значение выхода объекта; y_t^* – задание, поданное на УУ. Эта схема системы управления хотя и является упрощенной, но в ней присутствуют все важнейшие элементы, в частности: исполнительный механизм, блок контроля выходной переменной процесса, блок выдачи задающего воздействия. Следует иметь в виду, что все эти приборы и механизмы выполняют предписанные им действия с той или иной погрешностью, неточностью. Конечно же, при разработке средств автоматизации, управления теми или иными процессами стремятся использовать все новейшие достижения науки, техники и технологии и достигают успеха

в самых различных областях практики и производства. Это касается разнообразных электромеханических машин, механизмов, турбин, реакторов, летательных аппаратов, плавильных печей и др.

Теперь приведем схему управления активными процессами (рис. 2).

Введены следующие обозначения: О – объект управления; БРПУ – блок процесса реализации управления; УУ – управляющее устройство; УПР – управление процессом реализации выработанного УУ управляющего воздействия, БКО – блок контроля и оценки компонент вектора выходных переменных управляемого процесса; УС БКО – управляющая система БКО; КУУ – корректирующее управляющее устройство блоком УУ; БФЗВ – блок формирования задающих воздействий, ВС – внешняя среда. Заметим, что все блоки, входящие в систему управления активным объектом (процессом), сами являются активными. Это принципиальное отличие систем управления активными процессами от систем управления техническими, технологическими, производственными и многими другими процессами, хотя и последние не исключают участия человека в процессе функционирования соответствующих блоков системы управления.

Приведенная выше схема управления активным объектом, конечно же, носит довольно общий характер. При разработке системы управления конкретным активным объектом необходимо соответствующее наполнение содержанием всех блоков системы. Важнейшим этапом на этом пути будет комплексное использование всей априорной информации, обучаю-

щих выборок и т. п. (это подробно анализировалось в [1]). Тем не менее проблема формирования обучающих выборок является настолько важной, что требует специального рассмотрения.

Данная проблема состоит в том, что при создании той или иной обучающейся системы требуется обучающая выборка всех измеряемых с шумами переменных, характеризующих исследуемый процесс. Следуя обозначениям, принятым на рис. 2 в предыдущей статье [1], она может быть представлена в виде $\{\overline{\lambda_s}, \overline{v_s}, \overline{\omega_s}, \overline{y_s}\}$. При этом по конкретным каналам связи и управления из компонент векторов λ, v, ω, y формируют соответствующие составные векторы [1]. Реальная ситуация складывается так, что объем выборки катастрофически мал по сравнению с размерностью соответствующих векторов, что превращает многие задачи практики в нерешаемые с точки зрения теории управления и математической статистики. Уже давно эта проблема привлекает внимание исследователей и получила название проблемы «малых выборок». Положение усугубляется еще и тем, что мы не можем, по ряду причин, изменить ситуацию. Увеличение объема выборки за счет увеличения времени наблюдения во многих случаях недопустимо из-за изменившегося характера протекания активного процесса, неполноты априорной информации, влияния внешней среды и т. п. Более того, оно (увеличение объема выборки) вредно из-за изменившихся условий функционирования процесса по сравнению с предыдущими, которые, вполне возможно, уже не повторяются.

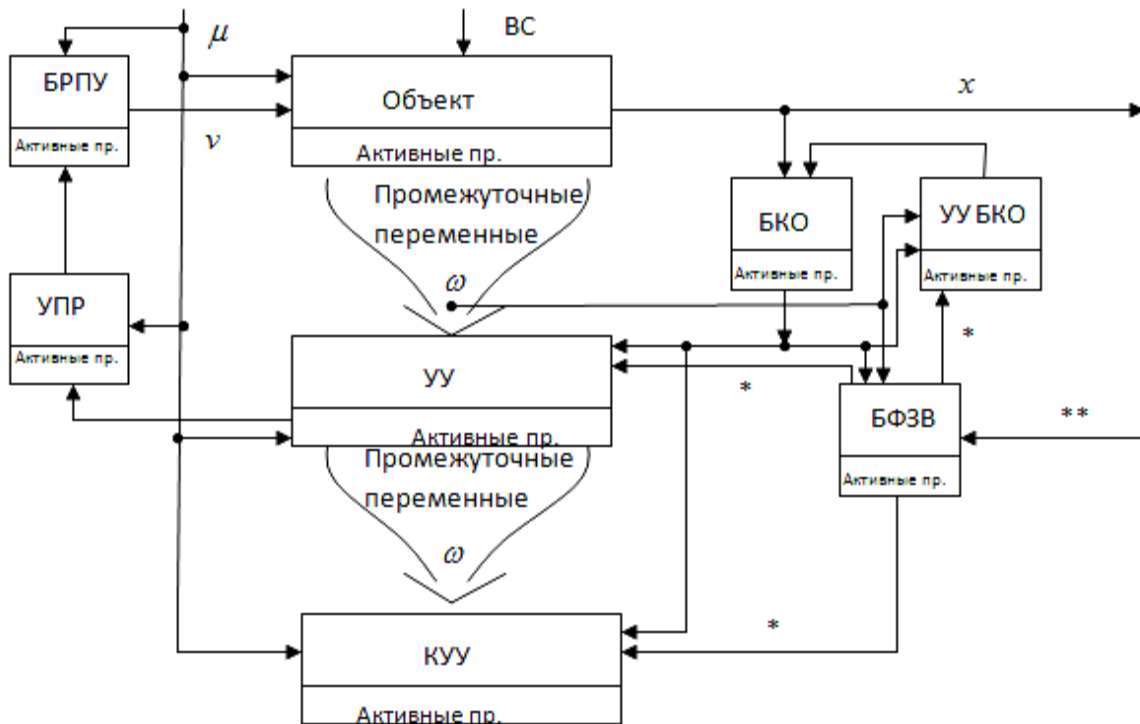


Рис. 2. Схема управления активным объектом

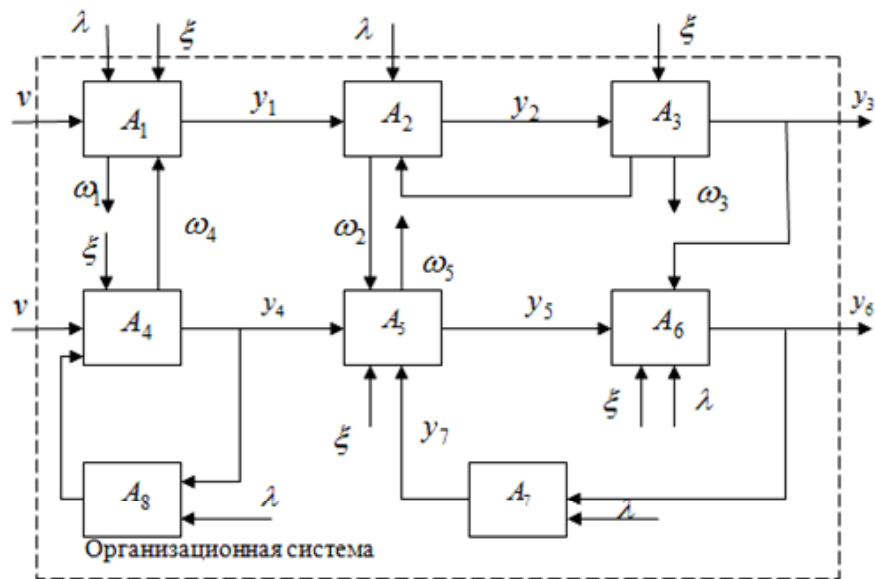


Рис. 3. Фрагмент активной системы

Таким образом, мы приходим к заключению, что основополагающие понятия теории вероятности и математической статистики, такие как генеральная совокупность, представительность выборки, функции распределения, асимптотическая сходимость, в том или ином смысле неприменимы для исследования многих организационных процессов, а также для построения обучающихся систем управления активными системами [1]. Тем не менее строить обучающие модели, системы управления активными процессами необходимо, поскольку этого требует практика. Проанализируем одно из направлений исследования на этом пути.

Рассмотрим достаточно общий фрагмент активной системы (рис. 3), который нетрудно превратить в конкретный на основе тщательного системного анализа реального процесса из той или иной предметной области деятельности человека. Она необходима для дальнейшей иллюстрации метода исследования подобных систем и процессов, происходящих в последних. Здесь $A_i, i = 1, \dots, 8$ обозначают объекты, «включенные» в систему, они же операторы, преобразующие входные переменные, действующие на объект, в выходные. К входным переменным относятся v, λ, ξ , а также выходные переменные предшествующих объектов. Например, выходная переменная $A_1 - y_1$ является входной по отношению к A_2 ; ω – промежуточные контролируемые переменные, дающие дополнительную информацию о протекании процесса в соответствующих объектах; λ – известные возмущения, действующие на объект; ξ – случайные помехи, не поддающиеся измерению. Учитывая, что все объекты многоканальные, то все векторные переменные, показанные на рис. 3, – составные [1].

Процесс исследования конкретной, реальной системы на примере фрагмента, показанного на рис. 3, может быть выстроен следующим образом.

На первом этапе на основании имеющейся априорной информации, обучающих выборок и их предварительного анализа, системного изучения отдельных блоков и их взаимосвязей формируются операторы $A_i, i = \overline{1,8}$ и соответствующие им составные векторы входных, выходных и промежуточных переменных.

На втором этапе осуществляется оценка операторов $A_i, i = \overline{1,8}$ и (или) их параметров с использованием имеющихся обучающих выборок. Таким образом, получаем оценки $\hat{A}_i, i = \overline{1,8}$ и дополняем их процедурами адаптивной настройки этих операторов по поступающей текущей информации (результатам измерения всех переменных, фигурирующих в исследуемой системе) или их параметров.

Третий этап представляет собой собственно компьютерное исследование. При этом задаются значения $v \in \Omega(v), \lambda \in \Omega(\lambda)$, вводятся случайные возмущения из $\xi \in \Omega(\xi)$ с соответствующими плотностями вероятностей $p(\xi)$, и с помощью измеренных значений $\omega \in \Omega(\omega)$ вычисляются отклики отдельных объектов и всей системы в целом $y \in \Omega(y)$. Располагая всевозможными значениями входных переменных v, λ, ξ и откликом на них значений выходных переменных, можно перейти к следующему этапу – ретроспективному анализу функционирования всей системы.

На четвертом этапе – этапе ретроспективного анализа в оценке работы всей системы устанавливается соответствие функционирования системы «человеческим» представлениям о том, как должна функционировать система при соответствующих значениях входных переменных. Здесь решающую роль будут играть обучающие выборки, аккумулирующие в себе

опыт, знания прошлого, поведение подобных систем при аналогичных действиях ранее. При анализе важнейшая роль будет принадлежать обратной связи. Более конкретно: если поведение системы соответствует нашим представлениям о реальности, то ее можно использовать для формирования следующих решений (управляющих воздействий при соответствующих конкретных условиях), если же нет, то необходимо перейти к анализу певвого этапа. В этом случае ясно, что допущены серьезные ошибки уже на этапе формулировки задачи, определения некоторых параметров, установления характера связи переменных процесса и т. п. Здесь речь идет о параметрах, не подлежащих оцениванию на втором этапе, а заданных исследователем исходя из человеческих, эмоциональных, психологических, социальных и других побуждений. Этап ретроспективного анализа завершается корректировкой значений параметров, входящих в модель, весовых коэффициентов, входящих в обучающиеся модели и алгоритмы принятия решений.

Обучающиеся модели и алгоритмы принятия решений. Необходимость построения адаптивных моделей и алгоритмов принятия решений возникает после постановки задачи идентификации с использованием всей априорной информации об исследуемом процессе, формировании соответствующих составных векторов и анализе имеющейся обучающей выборки. Без нарушения общности, будем считать, что обучающие выборки сформированы в виде $\overline{v_s}, \overline{\lambda_s}, \overline{y_s}, \overline{\omega_s}$, где s – объем выборки. Обучающиеся модели конструируются по аналогии с непараметрическими, но механизм их работы несколько отличен от последних и базируется на широко используемой в математике идее усреднения. Так, объективно существующая, неизвестная зависимость $y = f(\lambda, v, \omega)$ может быть представлена в виде

$$y_s(v, \lambda, \omega) = \frac{\sum_{i=1}^s y_i \prod_{j=1}^k W(\eta_j^v(v^j - v_i^j)) \times \prod_{j=1}^m W(\eta_j^\lambda(\lambda^j - \lambda_i^j)) \prod_{j=1}^n W(\eta_j^\omega(\omega^j - \omega_i^j))}{\sum_{i=1}^s \prod_{j=1}^k W(\eta_j^v(v^j - v_i^j)) \times \prod_{j=1}^m W(\eta_j^\lambda(\lambda^j - \lambda_i^j)) \prod_{j=1}^n W(\eta_j^\omega(\omega^j - \omega_i^j))}, \quad (1)$$

где $W(\eta_j^v(v^j - v_i^j))$ – колоколообразные функции; η – весовые коэффициенты соответствующие компонентам составных векторов $\{y, v, \lambda, \omega\}$ [1; 5]. Заметим, что коэффициенты η уже не удовлетворяют асимптотическим условиям, аналогичным параметрам размытости в непараметрических алгоритмах адаптации и s уже не стремится к бесконечности, т. е. $s \rightarrow \infty$. Отметим также, что некоторые элементы обучающих выборок формируются не в результате натурных наблюдений на исследуемом объекте, а группой экспертов,

обладающих опытом работы с объектами, аналогичными исследуемым. Эти и другие вопросы, возникающие при исследовании активных систем, а также разработка систем моделирования и управления подобных систем требуют тщательного анализа в каждом конкретном случае.

Ограниченность и трудности формирования обучающих выборок (высокая размерность задач и малый объем выборки s) приводит к необходимости несколько видоизменить оценку (1), например,

$$\hat{y}_s = \frac{\sum_{i=1}^s \varphi_i(v, \lambda, \omega) \prod_{j=1}^k W(\eta_j^v(v^j - v_i^j)) \times \prod_{j=1}^m W(\eta_j^\lambda(\lambda^j - \lambda_i^j)) \prod_{j=1}^n W(\eta_j^\omega(\omega^j - \omega_i^j))}{\sum_{i=1}^s \prod_{j=1}^k W(\eta_j^v(v^j - v_i^j)) \times \prod_{j=1}^m W(\eta_j^\lambda(\lambda^j - \lambda_i^j)) \prod_{j=1}^n W(\eta_j^\omega(\omega^j - \omega_i^j))}, \quad (2)$$

где $\varphi_i(v, \lambda, \omega)$, $i = \overline{1, s}$ – гиперплоскости от аргументов $\{v, \lambda, \omega\}$, оцененные по исходной выборке $\overline{v_s}, \overline{\lambda_s}, \overline{y_s}, \overline{\omega_s}$ тем или иным способом, например, методом стохастических аппроксимаций или методом наименьших квадратов. Замена $y_i, i = \overline{1, s}$ в (1) на гиперплоскость $\varphi_i(v, \lambda, \omega)$, $i = \overline{1, s}$ в окрестности точки $\{v_i, \lambda_i, \omega_i, i = \overline{1, s}\}$ позволит несколько повысить качество аппроксимации $y = f(v, \lambda, \omega)$ и избежать неопределенности (деления ноль на ноль) в (2).

При наличии процесса в пространстве «входных-выходных» переменных, имеющего «трубчатую» структуру при параметрическом описании блока, необходимо введение соответствующего индикатора. Если какой-либо фрагмент активного процесса описывается в виде параметрической модели

$$y_\alpha(v^{<\alpha>}, \lambda^{<\alpha>}, \omega^{<\alpha>}) = f^\alpha(v^{<\alpha>}, \lambda^{<\alpha>}, \omega^{<\alpha>}), \quad (3)$$

где α – вектор параметров; $f^k(\cdot)$ – параметрическая модель, описывающая тот или иной блок или его отдельный канал; $(v^{<\alpha>}, \lambda^{<\alpha>}, \omega^{<\alpha>})$ – составные векторы входных переменных исследуемого блока, то она должна быть дополнена следующим индикатором:

$$I_s = \text{sgn} \sum_{i=1}^s \prod_{j=1}^k W(\eta_j^v(v^j - v_i^j)) \prod_{j=1}^m W(\eta_j^\lambda(\lambda^j - \lambda_i^j)) \times \prod_{j=1}^n W(\eta_j^\omega(\omega^j - \omega_i^j)). \quad (4)$$

В этом случае модель может иметь вид [5]

$$y_\alpha(v^{<\alpha>}, \lambda^{<\alpha>}, \omega^{<\alpha>}) = I_s f^\alpha(v^{<\alpha>}, \lambda^{<\alpha>}, \omega^{<\alpha>}). \quad (5)$$

Обращение индикатора I_s в ноль в (5) означает, что значения (v, λ, ω) не принадлежат области значения переменных, определяющих «трубчатую» струк-

туру. Иными словами, $(v, \lambda, \omega) \in \Omega(v, \lambda, \omega)$ – это известно. Область «трубки» обозначим $\Omega^H(v, \lambda, \omega) \subset \Omega(v, \lambda, \omega)$. Отсюда ясно, что далеко не всякая точка $(v, \lambda, \omega) \in \Omega(v, \lambda, \omega)$ также принадлежит $\Omega^H(v, \lambda, \omega)$. Поскольку значения (v, λ, ω) в некоторых случаях задает сам исследователь, то при анализе активных процессов это обстоятельство должно быть предметом специального рассмотрения. Следует напомнить, что $\Omega^H(v, \lambda, \omega)$ исследователю чаще всего не известна.

Обучающийся алгоритм принятия решений может иметь следующий вид:

$$v_s^p(y^*, \lambda, \omega) = \frac{\sum_{i=1}^s v_i^p \prod_{j=1}^k W(\eta_j^y(y^{*j} - y_i^j)) \times \prod_{j=1}^m W(\eta_j^\lambda(\lambda^j - \lambda_i^j)) \prod_{j=1}^n W(\eta_j^\omega(\omega^j - \omega_i^j))}{\sum_{i=1}^s \prod_{j=1}^k W(\eta_j^y(y^{*j} - y_i^j)) \times \prod_{j=1}^m W(\eta_j^\lambda(\lambda^j - \lambda_i^j)) \prod_{j=1}^n W(\eta_j^\omega(\omega^j - \omega_i^j))}, \quad (6)$$

где p – индекс p -й компоненты вектора управляющих воздействий; y^* – заданные значения выходной переменной (цель).

Ясно, что в различных разрезах исследуемого активного процесса значение управляющего воздействия $v_s^p(y^*, \lambda, \omega)$ будет наполнено различным содержанием.

Приведенные выше обучающие алгоритмы несут достаточно общий характер. Их конкретизация может быть осуществлена только при исследовании конкретного активного процесса из той или иной предметной области.

Общая схема исследования организационных систем. Как мы отмечали ранее, при исследовании конкретного активного процесса необходимо детальное «погружение» в интересующую нас проблему. Поскольку элементом организационных систем являются не только технические, производственные, социальные и другие элементы, но и человек, и коллективы людей, то в этом случае совершенно необходимо участие социологов, психологов и других специалистов. В итоге мы должны описать исследуемый процесс на языке, который «понятен» компьютеру. Обратимся к организационной системе, представленной на рис. 3, и рассмотрим отдельный ее элемент, например,

$$y_5 = A_5^y(y_4, y_7, \omega_2, \xi, \alpha), \quad \omega_5 = A_5^\omega(y_4, y_7, \omega_2, \xi, \beta), \quad (7)$$

где A_5^y и A_5^ω – операторы, описывающие частный процесс; α, β – векторы коэффициентов. Это могут быть уравнения алгебраические или разностные с запаздыванием, а также системы уравнений. Некоторые компоненты векторов α и β могут быть оценены на

основании наблюдений, измерений соответствующих переменных. Другие же могут определяться только экспертами, причем содержание этих компонент вектора коэффициентов будет отражать субъективные, психологические, моральные и другие аспекты человека или коллектива, входящего в организационную систему. Должно быть ясно, что исследовать организационный процесс мы можем только базируясь на знаниях прошлого. Иными словами, подобный процесс должен иметь место в прошлом. Здесь уместно напомнить широко известную фразу Д. Н. Байрона: «Лучший пророк для будущего – прошлое».

Из моделей типа (7) для каждого объекта исследуемой организационной системы может быть определена макромодель всего активного процесса, представленного на рис. 3. Теперь важнейшим этапом является определение значений входных переменных (v, λ, ξ) , соответствующих текущей ситуации, в которой находится активная система. Таким образом, здесь ощущается дуализм при исследовании системы, состоящий в том, что опыт и знание прошлого «вложены» в модели типа (7), а конкретная текущая ситуация (иными словами, руководство к действию) является основанием для принятия решений с учетом имеющегося опыта. Если в этом эксперименте мы получаем ожидаемый (желаемый) отклик всей системы, то наши действия, выраженные в значениях (v, λ, ξ) , правомерны. Если же отклик системы значительно отличается от ожидаемого (желаемого), то должны быть пересмотрены как значения входных переменных, так и значения внутриобъектных переменных и параметров компонент векторов α, β , определяемых экспертами.

Если в итоге мы приходим к удовлетворительной системе моделирования тех или иных конкретных организационных процессов, то можно не только «проиграть» различные ситуации выработки внешних воздействий на систему, но и рассмотреть задачу управления активным процессом. Следует иметь в виду, что на этом пути наиболее вероятно возникнет необходимость в пересмотре ранее принятых значений параметров α, β и внутренних взаимосвязей организационной системы. Еще раз обратим внимание на необходимость анализа и изучения активных процессов, имеющих место в прошлом. Безусловно можно утверждать, что возникшие новые для человека активные процессы требуют самого тщательного изучения их аналогов в прошлом, в противном случае какие-либо резкие изменения внешних выходных воздействий, в том числе имеющих характер управляющих воздействий, крайне нежелательны, ибо могут привести к отрицательным последствиям. Здесь опять же напомним замечательную фразу Демокрита: «Даже незначительное отступление от истины в дальнейшем ведет к бесконечным ошибкам».

Таким образом, основные выводы статьи сводятся к следующему:

– элементы системы управления активными процессами также являются активными блоками, что

принципиально отличает ее от систем управления техническими системами;

– приведен возможный вариант структуры системы активного управления;

– определены этапы конструирования и исследования системы активного управления;

– даны обучающиеся модели активных процессов. Отмечено, что несмотря на внешнюю схожесть с непараметрическими алгоритмами адаптации, механизмы их работы существенно различаются.

Конкретизация систем управления, обучающихся моделей и алгоритмов принятия решений может быть осуществлена при исследовании реального организационного процесса. На этом пути могут появиться лавинообразные процессы и, естественно, необходимость их моделирования [5] и воздействия на них с теми или иными целями.

A. V. Medvedev

THEORY OF NON-PARAMETRIC SYSTEMS. ACTIVE PROCESSES – II

The paper considers an identification problem and active process control in conditions of partial information, along with management decisions and estimation result of active system influence. The active systems investigation method is offered. It contributes computer modeling. Non-parametric algorithms of decision making are given.

Keywords: active system, identification, a priori information, measurement, N-processes, non-parametric models, non-parametric algorithms, control by discrete and continuous processes, K-models.

© Медведев А. В., 2012

УДК 658.5.011.56:004

М. М. Михнев, К. Н. Поляев

РАЗРАБОТКА ФАЙЛОВЫХ СЕРВЕРОВ ДЛЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

Рассматриваются проблемы разработки файловых серверов для систем автоматизации технологической подготовки производства, на примере технических решений, реализованных в файловом сервере информационно-поисковой системы средств технологического обеспечения.

Ключевые слова: технологическая подготовка, информационная система, файловый сервер.

Создание информационно-поисковых систем (ИПС) технологической подготовки производства масштаба предприятия, предусматривающих организацию электронного архива технической документации, на этапе проектирования требует принятия решений по организации данных в рамках выбранной для реализации системы управления базой данных (СУБД) и принятия решения о реализации в системе средств для хранения документов в электронном виде и работы с ними.

В мировой практике существуют различные подходы к решению данной задачи, такие как организация доступа к файлам электронных документов средствами применяемой в системе СУБД или использование для работы с файлами выделенного сервера.

Библиографические ссылки

1. Медведев А. В. Теория непараметрических систем. Активные процессы // Вестник СибГАУ. 2011. Вып. 4. С. 52–58.

2. Бурков В. Н. Основы математической теории активных систем. М. : Наука, 1977.

3. Фельдбаум А. А. Принципы обучения людей и автоматов // Кибернетика, мышление, жизнь. М. : Мысль, 1964.

4. Нейман Дж. Фон. Теория самовоспроизводящихся автоматов. М. : Мир, 1971.

5. Medvedev A. V. Nonparametric stochastic approximation in adaptive systems theory // Applied Methods of Statistical Analysis. Simulation and Statistical Inference : proc. of the Intern. Workshop. Novosibirsk : Publising House of NSTU, 2011. P. 195–214.

Второе решение выглядит более рациональным, так как позволяет обеспечить высокую производительность системы в целом и аппаратно разместить на разных серверах сервер СУБД и файловый сервер, а также, в случае разработки собственного файлового сервера, реализовать требуемую функциональность и учесть специфику выполняемых клиентами операций с файлами.

При разработке очередной версии информационно-поисковой системы средств технологического обеспечения (ИПС СТО), применяемой в технологических подразделениях ОАО «ИСС» имени академика М. Ф. Решетнева» [1–7], для хранения учетных записей электронных документов использовались средства СУБД системы, а для хранения и управления файлами