

онного зондирования на основе grid-подхода // Автоматизация. 2006. Т. 42. № 2. С. 90–99.

13. Епанечников В. А. Непараметрическая оценка многомерной плотности вероятности // Теория вероятностей и ее применение. 1969. Т. 14. № 1. С. 156–160.

14. Comaniciu D., Meer P. Mean shift: A Robust Approach toward Feature Space Analysis // IEEE Transactions on Pattern Analysis Machine Intelligence. 2002. Vol. 24. № 5. P. 603–619.

15. Fukunaga K., Hosteeler L. D. The estimation of the gradient of a density function, with applications in

pattern recognition // IEEE Transactions on Information Theory. 1975. Vol. 21. P. 32–40.

16. Cheng Y. Mean shift, mode seeking, and clustering // IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence. 1995. Vol. 17. P. 790–799.

17. Comaniciu D., Meer P. Distribution Free Decomposition of Multivariate Data // Pattern Analysis and Applications. 1999. Vol. 2. P. 22–30.

18. Freedman D., Kisilev P. Fast Mean Shift by Compact Density Representation // IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2009. P. 1818–1825.

I. A. Pestunov, V. B. Berikov, Yu. N. Sinyavskiy

ALGORITHM FOR MULTISPECTRAL IMAGE SEGMENTATION BASED ON ENSEMBLE OF NONPARAMETRIC CLUSTERING ALGORITHMS

The method for constructing an ensemble of nonparametric clustering algorithms is proposed. Its theoretical substantiation is resulted. Results of the model data and real images confirm the efficiency of the proposed method.

Keywords: multispectral image segmentation, nonparametric clustering algorithms, ensemble approach.

© Пестунов И. А., Бериков В. Б., Синявский Ю. Н., 2010

УДК 519.24

А. Н. Сергеев

О НЕПАРАМЕТРИЧЕСКИХ АЛГОРИТМАХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Рассматриваются особенности и параметры, влияющие на деятельность организаций, осуществляется постановка задачи моделирования и управления организационной системой. Приводятся математические непараметрические модели организационных систем.

Ключевые слова: организационные системы, управление, измерения, неопределенность, случайные факторы, непараметрическое моделирование, алгоритмы принятия решений.

В понятии «организационная система» используются одновременно два нетривиальных термина: «организация» и «система».

Организация может рассматриваться как процесс либо как сущность [1]. Как процесс организация – это совокупность действий, ведущих к образованию и совершенствованию взаимосвязей между частями целого. Как сущность организация – это целевое объединение под единым началом ресурсов для реализации определенной программы на основании определенных правил и процедур.

Здесь надо отметить, что некоторые организации могут сами являться ресурсами для более крупных структур, в которые они входят. Одним из наиболее важных ресурсов, несомненно, является человеческий.

Термин «система» имеет множество вариантов определений в разной литературе. Рассел Л. Акофф [1] попытался сформулировать «ядро» определения: «Система есть целое, состоящее из двух или более частей, которое удовлетворяет следующим 6 условиям:

– целое обладает одним или более определяющими свойствами или функциями;

– каждая часть в этом множестве может влиять на поведение или свойства целого;

– существует подмножество частей, которое достаточно в одном или нескольких внешних условиях для выполнения определяющей функции целого;

– способ, которым любая существенная часть воздействует на поведение или свойства системы, зависит от поведения или свойств по крайней мере одной другой существенной части системы;

– воздействие любого подмножества существенных частей на систему в целом зависит от поведения по крайней мере еще одного другого такого подмножества;

– система есть целое, которое не может быть разделено на независимые части без потери ее существенных свойств или функций».

Акофф вводит для ресурса два различаемых свойства-термина: «целенаправленный» и «целесоориентированный».

«Некая сущность является целеустремленной, если она может выбирать цели и средства в двух или более разных обстоятельствах» [1]. Если же сущность, имея

способность выбирать средства и способы, производит только один результат в любой среде, то она является целенаправленной. Уже оттолкнувшись от этих терминов, производится типология систем по свойствам своих частей и целого (см. таблицу).

Организационная система – социальная система, это чрезвычайно сложный «организм», который состоит из целеустремленных частей и заставляет искать принципиально новые методы управления взамен используемых в 1960–80-е и даже 1990-е гг. XX в.

И ключевым отличием в новых методах организационного управления должен стать акцент на управлении отношениями частей системы друг с другом, с внешним окружением и самой системы с другими системами. Внешняя среда включает многие условия и организации, в том числе политические, экономические и экологические условия, конкурирующие организации, поставщиков и потребителей, социальную инфраструктуру и т. д.

В широком смысле, отношения – взаимодействие или противодействие между частями системы внутри и вне ее, при создании, функционировании, развитии и разрушении самой системы. И когда мы начинаем говорить об организациях, отношения бывают трех уровней – здравого смысла, взаимного уничтожения, заранее спроектированного взаимодействия.

Основные свойства организационных систем следующие: стремление сохранить свою структуру (закон самосохранения); потребность в управлении; сложная зависимость от свойств входящих в нее элементов и подсистем (система может обладать свойствами, не присущими ее элементам, и может не иметь свойств этих элементов) [1].

Каждая система имеет входное воздействие (необходимо разделять на управляемые и неуправляемые), влияние случайных помех, технологию их обработки, конечные результаты и обратную связь. Изначальная постановка задач идентификации и моделирования организационных процессов будет опираться на достижения и результаты классической теории идентификации в узком и широком смыслах [2].

Общая схема исследуемого процесса, принятая в теории моделирования и идентификации, приведена на рис. 1 [3].

На рис. 1 приняты следующие обозначения: A – неизвестный оператор процесса; $x(t)$ – выходная переменная процесса; $u(t)$ – управляющее воздействие; $\mu(t)$ – входная переменная процесса; $\xi(t)$ – случайное воздействие; t – дискретное время; h^μ , h^u , h^x – ошибки измерения показателей, соответствующие различным переменным (индекс); μ_t , u_t , x_t – означают измерение $\mu(t)$, $u(t)$, $x(t)$ в дискретное время t . Используемые при этом каналы измерения включают в себя различные средства и методы контроля, учета и измерения.

Контроль переменных x , u , μ осуществляется через интервал времени Δt , т. е. (x_i, u_i, μ_i) , $i = \overline{1, s}$ – выборка измерений переменных процесса (x_1, u_1, μ_1) , (x_2, u_2, μ_2) , ..., (x_s, u_s, μ_s) , ..., s – объем выборки. В этом случае $x(t)$ определяется следующим образом:

$$x(t) = A(u(t), \mu(t), \xi(t), t). \quad (1)$$

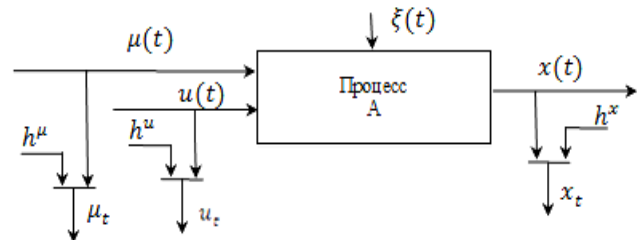


Рис. 1. Классическая схема стохастического процесса и контроля переменных

Заметим, что выход объекта $x(t)$ зависит от всех входных переменных $\mu(t)$, $u(t)$, $\xi(t)$ и оператор $A(\cdot)$ не зависит от t , т. е. неизменен во времени.

Искомая же модель процесса (1) будет определяться как

$$\hat{x}(t) = B_s(u(t), \mu(t), \bar{x}_s, \bar{u}_s, \bar{\mu}_s), \quad (2)$$

где B – оператор, поиск и настройка которого будет являться основной задачей исследователя; $\bar{x}_s = (x_1, x_2, \dots, x_s)$, $\bar{u}_s = (u_1, u_2, \dots, u_s)$, $\bar{\mu}_s = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_s)$ – временные векторы значений переменных; s – объем выборки. Влияние переменной $\xi(t)$ учитывается через измерения фактических значений переменных x , u , μ : $\bar{x}_s$, $\bar{u}_s$, $\bar{\mu}_s$.

Решая задачи идентификации в широком смысле, исследователь сталкивается с недостатком или отсутствием информации о параметрической структуре исследуемого процесса. В таких условиях могут применяться методы непараметрической идентификации, используя которые модель (2) может быть записана в виде [3]

$$\hat{x} = \frac{\sum_{i=1}^s x_i \Phi\left(\frac{u - u_i}{c_s}\right) \Phi\left(\frac{\mu - \mu_i}{c_s}\right)}{\sum_{i=1}^s \Phi\left(\frac{u - u_i}{c_s}\right) \Phi\left(\frac{\mu - \mu_i}{c_s}\right)}. \quad (3)$$

Используя некий обобщенный аргумент y , можем записать условия, которым должна удовлетворять ядерная функция («ядро») $\Phi(y)$: ограниченность

$$0 \leq \Phi(y) < \text{const}; \text{ четность } \Phi(y) = \Phi(-y); \int_{-\infty}^{\infty} \Phi(y) dy = 1.$$

Типы систем и моделей

Системы и модели	Части системы	Целое
Детерминированные	Нецелеустремленные	Нецелеустремленные
Живые	Нецелеустремленные	Целеустремленные
Социальные	Целеустремленные	Целеустремленные
Экологические	Целеустремленные	Нецелеустремленные

Параметр размытости c_s для модели (3) обладает свойствами: $c_s \rightarrow 0$ и $sc_s^2 \rightarrow \infty$ при $s \rightarrow \infty$ (степень соответствует числу переменных).

Если рассматривать управление организационными системами, то имеет смысл говорить, как минимум, о двух подсистемах (составляющих):

- техническая подсистема – включает оборудование, технологии и изделия, имеющие инструкции для пользователя; набор решений в технической подсистеме ограничен и последствия всех решений, как правило, предопределены; решения носят строго формализованный характер и выполняются в строго определенном порядке;

- социальная подсистема характеризуется наличием человека как субъекта и объекта управления в совокупности взаимосвязанных элементов.

Если процессы контроля и управления технической подсистемой уже достаточно изучены и здесь достигнуты определенные успехи, то управление социальной подсистемой до сих пор представляет определенную сложность. Одной из неприятных особенностей действия социальной подсистемы можно считать появление неизмеримых входных воздействий и специфику поведения самой системы (человеческий фактор).

Говоря об организационных системах, нельзя не вспомнить об их структурах, которые отражают специфику отношений внутри предприятия и стиль управления. По типу представления, разделения функций и ответственности среди организационных структур выделяют *линейные, функциональные, матричные, проектные, дивизиональные* [4].

Также стали рассматривать многомерные структуры, выделяя в разные «измерения» ориентации: функциональную, продуктовую (сервисную) и рыночную [1]. Сложнее представляется задача управления социальной подсистемой в многомерном пространстве.

Тип организационной структуры, используемой в отдельно взятой организации, предопределяет принципы и специфику процессов взаимодействия. Существенное влияние на характер организационной системы оказывает соотношение горизонтальных и вертикальных связей.

Горизонтальные связи – это взаимодействие относительно равнозначных частей организационной системы (сотрудников, подразделений, групп) друг с другом напрямую, минуя привлечение вышестоящих руководителей (не используя эскалацию).

Вертикальные связи – это эскалация проблемы (задачи, требования, просьбы и т. д.) по вертикали подчинения и получение решения (ответа, отказа, указания, инструкции ...) от вышестоящего руководства.

От того, чего больше (какого вида связей) в организации, будет зависеть оперативность, гибкость, качество, своевременность, адекватность осуществляемых действий в конкретных обстоятельствах. Однако однозначно ответить, чего должно быть больше или меньше, каким должно быть оптимальное соотношение

в той или иной организационной системе, весьма непросто.

Напрямую преобладание горизонтальных или вертикальных связей зависит от используемого в организационной системе стиля управления [5]. Среди всех стилей управления принято выделять: *директивный (авторитарный), демократический (коллегиальный), либеральный (попустительский)*. Каждый из них хорош по-своему при конкретных обстоятельствах, в которых оказывается организация. Однако вне зависимости от используемого стиля управления, руководитель организации вынужден принимать решения для достижения заданных показателей (требуемого выхода) в условиях имеющихся ресурсов (входные параметры), информации и оказывающих влияние на процессы внутренних и внешних воздействий. Алгоритм, по которому действует конкретное лицо, принимающее решение (ЛПР), как минимум, сложно формализуем. Кроме того, алгоритм действий зачастую зависит от самого ЛПР как субъекта, что и предопределяет успешность или неуспешность принимаемого решения.

Само по себе наличие человека (коллектива) в организационной системе существенно усложняет задачу управления, так как способность человека принимать самостоятельные решения и видоизменять установившиеся процессы заставляет ЛПР оперативно реагировать на любые отклонения. В этих условиях решение задачи идентификации организационного процесса не может полностью исключить ЛПР из процесса управления. Можно говорить о построении модели, которая формализует процесс управления организационной системой, насколько это возможно без ущерба для показателей эффективности системы. Такая настроенная и «обученная» модель предназначена быть помощником ЛПР, снижая, тем самым, требования к самому ЛПР.

Развивая классическую постановку задач идентификации [2; 3], следует учитывать и влияние внешнего окружения организации (государство, конкуренты, партнеры, клиенты) и их обратной связи. Тогда в такой постановке задач неизбежно увеличение как количества переменных на входе, так и необходимый рост числа каналов измерения показателей. И в этих условиях схема исследуемого процесса в организации примет более общий расширенный (рис. 2) (стрелки внутри объекта символизируют наличие человеческого фактора, социальных связей).

На рис. 2, в дополнение к схеме на рис. 1, вводятся новые обозначения:

- входная переменная $\omega(t)$ существенно отличается по своему содержанию от переменных $\mu(t)$, $u(t)$ тем, что эта переменная известна, но не поддается регулярному измерению в соответствии, как правило, со сложной и длительной процедурой;

- переменная $\theta(t)$ представляет собой воздействие внешней среды на объект; θ – измерение переменной; h^0 – ошибки измерения переменной;

– $\lambda^j(t) : j = 1, 2, \dots, \Lambda$ – дополнительные измеряемые переменные «по длине» процесса, контролируемые на разных участках в разные кванты времени; λ_i^j означает измерение $\lambda^j(t)$ в дискретное время и представляет собой дополнительную информацию о процессе; h^{λ^j} – ошибки измерения этих переменных при использовании различных средств и методов контроля.

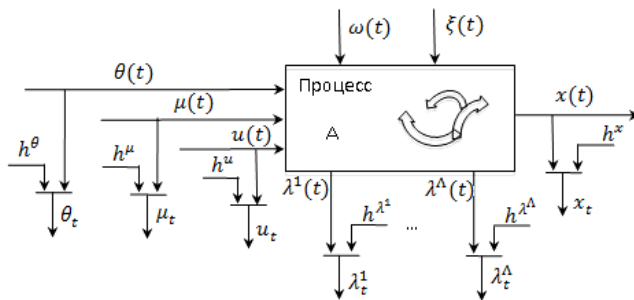


Рис. 2. Схема организационного процесса

Контроль переменных $(x, \lambda^1, \dots, \lambda^\Lambda, u, \mu, \theta)$ осуществляется через интервал времени Δt , т. е. $x_i, \lambda_i^1, \dots, \lambda_i^\Lambda, u_i, \mu_i, \theta_i, i = \overline{1, s}$ – выборка измерений переменных процесса $(x_1, \lambda_1^1, \dots, \lambda_1^\Lambda, u_1, \mu_1, \theta_1), (x_2, \lambda_2^1, \dots, \lambda_2^\Lambda, u_2, \mu_2, \theta_2), \dots, (x_s, \lambda_s^1, \dots, \lambda_s^\Lambda, u_s, \mu_s, \theta_s), \dots$, s – объем выборки. В этом случае $x(t)$ определяется не только значениями входных переменных, как в выражении (1), но и $\omega(t)$, $\theta(t)$ и может быть представлена в следующем виде:

$$x(t) = A(u(t), \mu(t), \theta(t), \omega(t), \xi(t), t). \quad (4)$$

Моделирование процессов подобного типа существенно усложняется в зависимости от характера влияния $\omega(t)$ и $\theta(t)$ на $x(t)$.

С повышением уровня образованности человека, развития технологий, ростом объема доступной информации и стирания границ и барьеров для понимания происходит развитие атмосферы конфликтности. Учитывая такую тенденцию, эксперты призывают применять *социально-системные приемы* моделирования организаций [1].

Организация, основанная на социально-системной модели, обладает следующими свойствами:

- наличие демократических принципов управления, когда каждый голос влияет на принятие решения, а каждый руководитель подвластен мнению большинства (никакая власть не является окончательной);

- наличие в организации внутренней рыночной экономики, когда каждый вправе сделать выбор при покупке или продаже требуемой услуги внутри или вовне организации; в случае запрета вышестоящим начальством каждый вправе рассчитывать на компенсацию понесенных при этом затрат;

- многомерная организационная структура, объединяющая функциональные, продуктовые и рыночные (пользовательские) блоки в разных измерениях;

- интерактивное планирование, приспособляющееся к доступным ресурсам;

- содержит систему поддержки решений, обеспечивающую обучение и адаптацию организации к внутренним и внешним изменениям.

Каждый из вышеприведенных пунктов способен улучшить работу организации, а использование их в комплексе может повлечь мультипликативный эффект [1].

Наиболее естественный, часто и достаточно эффективный, путь моделирования организационных процессов состоит в предварительной декомпозиции. Причем, выявление фрагментов исследуемого процесса осуществляется исходя из возможностей его математической формализации. Те же фрагменты, которые не поддаются последней, «отдаются на откуп» ЛПР. Следует иметь в виду, что переход от содержательной характеристики задачи к ее математической формализации часто чрезвычайно труден, а сам этот процесс не формализуем. Именно на этой стадии могут быть, из различных соображений, сделаны допущения (а это совершенно необходимо для математической постановки задачи), которые могут оказаться совершенно не адекватными существу исследуемого процесса. В последнем случае исследователь решает задачу, имеющую отдаленное отношение к действительности [6].

Таким образом, при математической формулировке задач крайне важно охватить реалистические черты исследуемого процесса моделирования и управления. Это означает, что математическая формализация должна действительно охватывать те черты исследуемого процесса, которые фактически имеют место. Иными словами, крайне важно ничего не упрощать при формулировке задачи. В этом контексте для достижения адекватности построенной модели реально действующим процессам (4) в организации важно учитывать при моделировании переменные $\omega(t)$, $\theta(t)$, $\lambda^j(t)$, $j = 1, 2, \dots, \Lambda$. В силу специфики (неизмеряемости) переменных $\omega(t)$, $\xi(t)$ их влияние в модели может присутствовать через измерения других переменных, включая «выход» $x(t)$. Такая модель при постановке задачи идентификации в широком смысле будет выглядеть следующим образом:

$$\hat{x}(t) = B_s(u(t), \mu(t), \lambda^1(t), \dots, \lambda^\Lambda(t), \theta(t), t, \bar{x}_s, \bar{u}_s, \bar{\mu}_s, \bar{\lambda}_s^1, \dots, \bar{\lambda}_s^\Lambda, \bar{\theta}_s), \quad (5)$$

где $\bar{x}_s = (x_1, x_2, \dots, x_s)$, $\bar{u}_s = (u_1, u_2, \dots, u_s)$, $\bar{\mu}_s = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_s)$, $\bar{\theta}_s = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_s)$, $\bar{\lambda}_s^j = (\lambda_1^j, \lambda_2^j, \dots, \lambda_s^j)$, $j = \overline{1, \Lambda}$ – временные векторы значений переменных; s – объем выборки; B – оператор, поиск и настройка которого предопределяют уровень соответствия построенной модели моделируемому процессу.

С использованием методов непараметрической идентификации модель (5) принимает следующий вид (для упрощения восприятия приводится без учета переменных $\lambda^j(t)$, $j = \overline{1, \Lambda}$):

$$\hat{x} = \frac{\sum_{i=1}^s x_i \prod_{j=1}^J \Phi\left(\frac{u^j - u_i^j}{c_s^j}\right) \prod_{k=1}^K \Phi\left(\frac{\mu^k - \mu_i^k}{c_s^k}\right) \prod_{l=1}^L \Phi\left(\frac{\theta^l - \theta_i^l}{c_s^l}\right)}{\sum_{i=1}^s \prod_{j=1}^J \Phi\left(\frac{u^j - u_i^j}{c_s^j}\right) \prod_{k=1}^K \Phi\left(\frac{\mu^k - \mu_i^k}{c_s^k}\right) \prod_{l=1}^L \Phi\left(\frac{\theta^l - \theta_i^l}{c_s^l}\right)}. \quad (6)$$

Здесь обозначения и требования те же, что и в формуле (3), и для обобщенной векторной переменной $y = (y_1, y_2, \dots, y_I)$:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \prod_{i=1}^I \Phi(y_i) dy_i = \text{const.}$$

Требования же к параметру размытости c_s в случае моделирования организационных процессов могут не выполняться. Процесс подбора наилучших параметров размытости является отдельным предметом для исследований. Учет в модели переменных $\lambda^j(t)$, $j = \overline{1, \Lambda}$ осуществляется аналогичным образом, путем введения дополнительных произведений ядерных функций по этим переменным.

На практике при исследовании различных непрерывных и дискретно-непрерывных процессов, в зависимости от требований точности, в качестве ядерной функции могут использоваться различные варианты. Например, для управляющего воздействия u при величине выборки s это могут быть такие зависимости, как

$$\Phi\left(\frac{u - u_i}{c_s}\right) = \begin{cases} \frac{1}{2}; \left| \frac{u - u_i}{c_s} \right| \leq 1; \\ 0; \left| \frac{u - u_i}{c_s} \right| > 1; \end{cases}$$

$$\Phi\left(\frac{u - u_i}{c_s}\right) = \begin{cases} 1 - \left| \frac{u - u_i}{c_s} \right|; \left| \frac{u - u_i}{c_s} \right| \leq 1; \\ 0; \left| \frac{u - u_i}{c_s} \right| > 1, \end{cases}$$

или другие более сглаженные «колоколообразные» функции.

При нахождении всех требуемых параметров и настройке модели вида (6) поиск необходимого управляющего воздействия для получения заданного векторного выхода x используется преобразованная зависимость следующего вида:

$$\hat{u} = \frac{\sum_{i=1}^s u_i \prod_{n=1}^N \Phi\left(\frac{x^n - x_i^n}{c_s^n}\right) \prod_{k=1}^K \Phi\left(\frac{\mu^k - \mu_i^k}{c_s^k}\right) \prod_{l=1}^L \Phi\left(\frac{\theta^l - \theta_i^l}{c_s^l}\right)}{\sum_{i=1}^s \prod_{n=1}^N \Phi\left(\frac{x^n - x_i^n}{c_s^n}\right) \prod_{k=1}^K \Phi\left(\frac{\mu^k - \mu_i^k}{c_s^k}\right) \prod_{l=1}^L \Phi\left(\frac{\theta^l - \theta_i^l}{c_s^l}\right)}. \quad (7)$$

Включение в модель измеряемых переменных $\lambda^j(t)$, $j = \overline{1, K}$ осуществляется аналогичным образом –

введением дополнительных произведений ядерных функций по этим переменным.

Попытаемся построить непараметрическую модель для конкретного организационного процесса. Возьмем, например, в качестве процесса A – управление конкретным проектом по оснащению некоего объекта инфраструктурным оснащением инженерными системами. В таком случае будем иметь дело с организационным процессом управления деятельностью проектной группы, состоящей из специалистов разного назначения и выполняющих различные специальные функции. Здесь можно выделить руководителя проекта, главного инженера проекта, отдельных инженерно-технических специалистов, производственный и монтажный персонал, специалистов логистики и снабжения, проектно-сметных специалистов, бухгалтеров и, возможно, других. В зависимости от подхода исследователя, всех указанных участников можно считать непосредственными членами проектной группы или, например, бухгалтеров выделять в так называемое «внешнее окружение», наряду с поставщиками, производителями, транспортными организациями и др.

Для данного примера параметры и переменные зависимости (4) могут приобретать следующие смысловые значения:

– A – неизвестный оператор процесса управления проектом;

– $x(t)$ – вектор, включающий $x^1(t)$ – параметры выпускаемого продукта, измеряемые уровнем соответствия решения рабочей проектной документации в %; $x^2(t)$ – соблюдение сроков реализации решений; $x^3(t)$ – исполняемость бюджета проекта; ...; $x^N(t)$ – удовлетворенность клиента;

– $u(t)$ – векторное управляющее воздействие: $u^1(t)$ – степень укомплектованности проектной группы необходимыми специалистами; $u^2(t)$ – своевременность поставок материалов на объект; ...; $u^l(t)$ – проводимые планерки и штабы для членов проектной группы;

– $\mu(t)$ – неуправляемые входные переменные процесса: $\mu^1(t)$ – квалификация членов группы; $\mu^2(t)$ – выделенные бюджеты проекта; ...; $\mu^K(t)$ – строительная готовность участков объекта;

– $\xi(t)$ – случайное воздействие, форс-мажорные обстоятельства: поломка инструмента, болезнь ключевого специалиста, взлом и ограбление оперативного склада и др.;

– h^u, h^v, h^x – ошибки измерения показателей в различных каналах (аттестации, оценка износа оборудования и инструмента, учетные системы, медицинские освидетельствования персонала, рыночный мониторинг, отчетность); используемые при этом каналы включают в себя различные средства и методы контроля, учета и измерения (позволяют оценить достаточность квалификации и численности сотрудников, инструмента, оптимальность закупочных цен, сроков поставки, финансового соответствия поставленной задаче);

– $\lambda^j(t)$, $j = \overline{1, 2, \dots, \Lambda}$ – измеряемые ключевые опережающие показатели деятельности проектной группы, контролируемые на разных участках деятельности (по количеству Λ в разные кванты времени (работоспособность инструмента, результаты экологии или издержек, исполнение нормативных показателей, фиксация скрытых работ, отклонения от графика и т. д.);

– $\omega(t)$ – вектор сложноизмеримых показателей: организационная культура в проектной группе, лояльность сотрудников к руководству и компании, соответствие норм оплаты труда среднерыночным показателям;

– $\theta(t)$ – измеряет воздействие на деятельность группы со стороны внешней среды: $\theta^1(t)$ – время, уходящее на планерки, проводимые высшим руководством; $\theta^2(t)$ – сдвиги сроков поставки транспортными компаниями, задержка на таможне; $\theta^3(t)$ – дополнительное время на устранение аварий из-за действий смежников на объекте; ... ; $\theta^L(t)$ – лояльность заказчика к компании.

В данном случае N, J, K, L – размерности векторов соответствующих переменных $x(t)$, $u(t)$, $\mu(t)$, $\theta(t)$, измеряющихся и контролируемых при управлении процессом.

Обратим здесь внимание на важнейшее обстоятельство, возникающее при исследовании реальных процессов. Это средства контроля, измерения всех доступных переменных, характеризующих состояние процесса. Здесь следует отметить, что если переменные процесса доступны измерению техническими средствами, то это, чаще всего, позволяет установить желаемый интервал (дискретность) контроля. Некоторые же переменные, приобретая специфические семантические значения, не могут измеряться стандартными способами. И это накладывает дополнительные усложняющие ограничения на процессы моделирования подобных систем. На практике может использоваться введение специальных шкал измерения и приведение показателей к безразмерным величинам.

Выбранный для моделирования процесс совершенно отчетливо демонстрирует специфику некоторых переменных организационной системы как в части измерения и оценивания, так и в части использования весовых коэффициентов. Привычные требования теории непараметрической идентификации к ядерной функции, и в особенности к параметрам размытости, рушатся и трансформируются в несколько иную семантику и ограничения [3].

Так, например, нарушение своевременности поставок $u^2(t)$ для одного отрезка выполнения проекта недопустимо более чем на 4 часа, для другого может оказаться некритичным вплоть до нескольких дней. Таким образом, требования сходимости к параметру c_s оказываются неприменимыми. И допустимые отклонения в значениях некоторых переменных процес-

са зачастую могут быть определены только субъективно ЛПР.

Вообще говоря, в случае управления организационными процессами корректнее будет говорить об управляющем воздействии u^r на очередном r -м такте принятия решений. Предлагается ввести новое обозначение взамен c_s^{-1} . Пусть теперь это будет v^r , и этот коэффициент будет являться весовым для переменных процесса на r -м управленческом такте. Его значение определяется исследователем на основании опыта экспертов, накопленных знаний о процессе и соответствия конкретному такту управления процессом с учетом конкретных ситуаций и складывающихся условий.

Тогда и ядерная функция для обобщенной переменной y будет существенно отличаться от привычной $\Phi(y)$. Введем специально для моделирования организационных процессов обозначение ядерной функции $\Psi(y)$ с выполнением всех тех же условий, что и для $\Phi(y)$: ограниченность $0 \leq \Psi(y) < \text{const}$;

четность $\Psi(y) = \Psi(-y)$; $\int_{-\infty}^{\infty} \Psi(y) dy = \text{const}$.

При таких условиях для организационного процесса модель (6) примет вид

$$x^r = \frac{\sum_{i=1}^s x_i \prod_{j=1}^J \Psi(v^r(u^{rj} - u_i^j)) \prod_{k=1}^K \Psi(v^r(\mu^{rk} - \mu_i^k)) \times \prod_{l=1}^L \Psi(v^r(\theta^{rl} - \theta_i^l))}{\sum_{i=1}^s \prod_{j=1}^J \Psi(v^r(u^{rj} - u_i^j)) \prod_{k=1}^K \Psi(v^r(\mu^{rk} - \mu_i^k)) \times \prod_{l=1}^L \Psi(v^r(\theta^{rl} - \theta_i^l))}, \quad (8)$$

где все переменные те же, что обозначены на рис. 2, а $\lambda^j(t)$, $j = \overline{1, 2, \dots, \Lambda}$ не используется только ради упрощения восприятия формулы.

В рассматриваемом процессе можно выделить результаты (выходы), получаемые немедленно и доступные к измерению в короткие промежутки времени, например, $x^1(t)$, $x^3(t)$. Будем называть такие результаты внутренними. Другие выходные переменные, назовем их внешними, не всегда могут измеряться через кванты времени Δt , а только через ΔT ($\Delta T \gg \Delta t$), например, $x^N(t)$. Можно заметить и то, что $\omega(t)$, $\theta(t)$ влияют на внутренние выходные переменные в меньшей степени, чем на внешние. Аналогично можно разделить на внутренние и внешние управляющие воздействия. Тогда приходим к пониманию о неизбежности появления внешнего контура управления (хотя бы одного).

Изучаемый процесс A без внешних выходных переменных, влияющих и управляющих воздействий покажем на рис. 3.

На рис. 3 вектор $x(t)$ – внутренняя выходная переменная; $u(t)$ – внутреннее же управляющее воздейст-

вие на процесс A во времени t , остальные переменные те же; УУ – устройство управления, выдающее воздействие на процесс; $x^*(t)$ – желаемые параметры выхода.

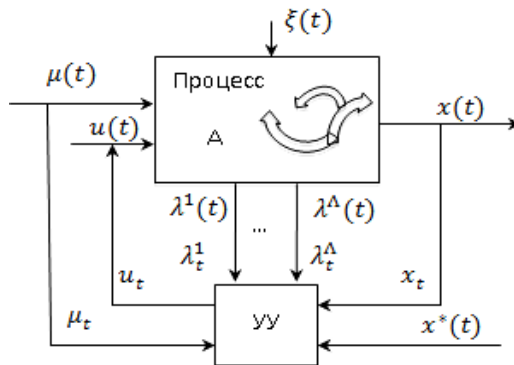


Рис. 3. Схема локального организационного процесса

Каналы и ошибки измерений не показаны на схеме только для облегчения иллюстраций и упрощения их восприятия. Однако будем помнить о них и учитывать их наличие в любых организационных процессах. Тогда в таких условиях и для таких процессов зависимость $x(t)$ будет выглядеть следующим образом:

$$x(t) = A(u(t), \mu(t), \xi(t), t). \quad (9)$$

Моделируя эту функцию выхода $x(t)$ локального организационного процесса, для более компактного представления модели будем использовать следующее написание:

$$x^r = \sum_{i=1}^s \alpha_i^r x_i / \sum_{i=1}^s \alpha_i^r, \quad (10)$$

где r — соответствие параметров модели r -му такту принятия решения; s — объем имеющейся выборки значений переменных; коэффициент α_i^r имеет следующий вид:

$$\alpha_i^r = \prod_{j=1}^J \Psi(v^r(u^{rj} - u_i^j)) \prod_{k=1}^K \Psi(v^r(\mu^{rk} - \mu_i^k)) \times \prod_{g=1}^{\Lambda} \prod_{l=1}^L \Psi(v^r(\lambda^{glr} - \lambda_i^{gl})). \quad (11)$$

Далее в качестве объекта управления будем рассматривать весь процесс A вместе со всеми переменными, управляющим устройством, генерируемым им управляющим воздействием u_i и реакцией в виде выходного продукта $x(t)$. Назовем его макрообъектом, или макропроцессом. На него уже начинает оказывать существенное влияние внешнее окружение $\theta(t)$ и сложно измеримые переменные $\omega(t)$. Результатом функционирования такого макрообъекта дополнительно становятся внешние выходные переменные $z(t)$, а для управления ими создается дополнительный контур управления с внешними управляющими воздействиями $q(t)$ (рис. 4).

Напомним, что выходная векторная переменная $z(t)$ измеряется через существенно большие промежутки времени и имеет отношение к обратному воздействию на внешнюю среду, желаемые параметры внешнего выхода обозначены $z^*(t)$. Переменная $q(t)$ оказывает воздействие на всю систему вместе с реакцией на управляющее воздействие $u(t)$, вообще говоря, с некоторым запаздыванием, т. е. во времени $t + \tau$, где τ — величина запаздывания.

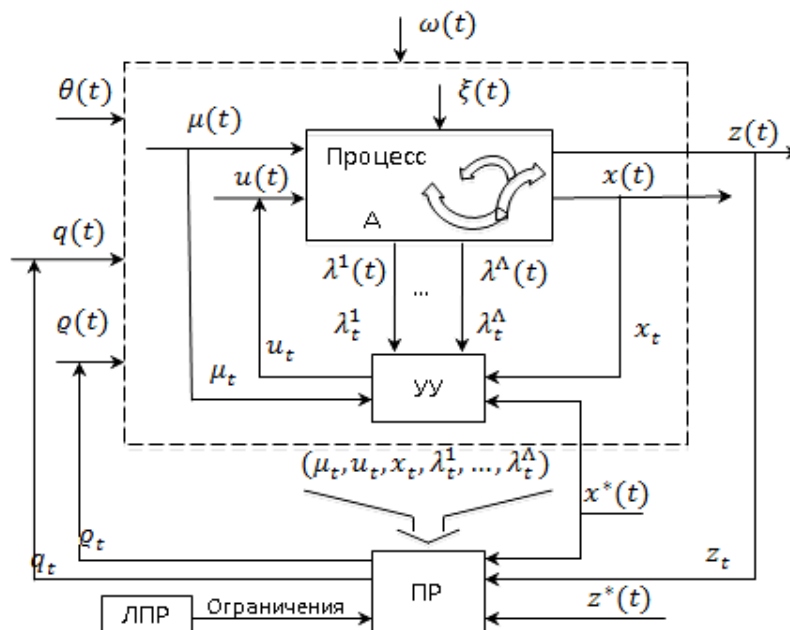


Рис. 4. Схема организационного процесса с двумя контурами управления

Отметим появление на рис. 4 еще одной переменной $\rho(t)$ («ро» малое). Это «корректирующее» управляющее воздействие на УУ с некоторым запаздыванием во времени. Тут же появляется блок принятия решений (ПР), который принимает в качестве входящих все параметры процесса A вместе с результатами воздействия управляющего устройства УУ.

Макропроцесс, представленный на рис. 4, может быть выражен следующей зависимостью:

$$z(t) = D(u(t), \mu(t), \xi(t), x(t), \theta(t), \omega(t), q(t), \rho(t), t), \quad (12)$$

где D – некий неизвестный оператор макропроцесса.

Тогда, используя для компактного написания коэффициенты α_i^r (см. модель (11)), модель функции выхода макропроцесса (12) примет вид

$$z^r = \frac{\sum_{i=1}^s z_i \alpha_i^r \prod_{j=1}^Q \Psi(v^r(q^{rj} - q_i^j)) \prod_{k=1}^P \Psi(v^r(\rho^{rk} - \rho_i^k)) \times \prod_{n=1}^N \Psi(v^r(x^{rn} - x_i^n))}{\sum_{i=1}^s \alpha_i^r \prod_{j=1}^Q \Psi(v^r(q^{rj} - q_i^j)) \prod_{k=1}^P \Psi(v^r(\rho^{rk} - \rho_i^k)) \times \prod_{n=1}^N \Psi(v^r(x^{rn} - x_i^n))}, \quad (13)$$

где все обозначения те же, Q , P («ро» большое) – размерности векторов $q(t)$, $\rho(t)$ («ро» малое), соответственно. Введя еще одно обозначение коэффициента β_i^r :

$$\beta_i^r = \prod_{j=1}^Q \Psi(v^r(q^{rj} - q_i^j)) \prod_{k=1}^P \Psi(v^r(\rho^{rk} - \rho_i^k)) \times \prod_{n=1}^N \Psi(v^r(x^{rn} - x_i^n)), \quad (14)$$

можем записать модель макропроцесса, изображенного на рис. 4, в следующем виде:

$$z^r = \sum_{i=1}^s z_i \alpha_i^r \beta_i^r / \sum_{i=1}^s \alpha_i^r \beta_i^r. \quad (15)$$

При управлении организационным процессом на определенном такте принятия решения не все переменные могут влиять на процесс и использоваться не все управляющие воздействия, а лишь часть из них. Например, после завершения поставок всех необходимых материалов для выполнения работ по проекту учитывать переменную $u^1(t)$ своевременности поставок далее нелогично. Тогда имеет смысл говорить о составных векторах переменных, соответствующих этому такту.

Составным вектором $y^{(m)} = (y^1, y^2, \dots, y^m)$ будем считать такой набор значений из вектора $y = (y^1, y^2, \dots, y^k)$, при котором $m < k$. Чтобы избежать перегруженности и без того сложно читаемых формул, введем обозначение $y^{(\cdot)}$, которое будет символизировать некоторый составной вектор переменной y . При таких условиях модель (15) переписывается в виде

$$z^{(\cdot)r} = \sum_{i=1}^s z_i^{(\cdot)} \alpha_i^{(\cdot)r} \beta_i^{(\cdot)r} / \sum_{i=1}^s \alpha_i^{(\cdot)r} \beta_i^{(\cdot)r}. \quad (16)$$

Последнее выражение (16) и имеет смысл использовать для настройки рабочей непараметрической модели под конкретный организационный процесс.

Библиографические ссылки

1. Акофф Рассел Л. Менеджмент в XXI в. (Преобразование корпорации) / пер. с англ. Ф. П. Тарасенко. Томск : Изд-во Том. ун-та, 2006.
2. Эйкхофф П. Основы идентификации систем управления. М. : Мир, 1975.
3. Медведев А. В. Непараметрические системы адаптации. Новосибирск : Наука, 1983.
4. Румянцев З. П. Общее управление организацией. Теория и практика. М. : Инфра-М, 2007.
5. Адизес И. К. Стили управления. Эффективные и неэффективные. М. : Альпина Бизнес Букс : Альпина Паблишерз, 2009.
6. Медведев А. В. Теория непараметрических систем. Процессы // Вестник СибГАУ. Вып. 3. Красноярск, 2008. С. 4–9.

A. N. Sergeev

ON NONPARAMETRIC ALGORITHMS OF DECISION-MAKING

Features and options affecting the activities of organizations, ongoing formulation of the problem of organizational system modeling and managing are considered. Some non-parametric mathematical models of organizational systems are given.

Keywords: organizational systems, management, measurements, uncertainty, chance factors, nonparametric modeling, algorithms of decision-making.

© Сергеев А. Н., 2010