

ОСНОВЫ ТЕОРИИ АДАПТИВНЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

В.Д. Чертовской

*Государственный университет морского и речного флота
имени адмирала С.О. Макарова*

Россия, 117997, Санкт Петербург, Двинская ул., 5/7

E-mail: vdchertows@mail.ru

Ключевые слова: адаптивные автоматизированные системы, производство, планирование, управление, глобальные, локальные, методы.

Аннотация: Показано, что в рамках цифровой экономики и растущей конкуренции информационно-поисковый режим работы автоматизированных систем управления производством уже не в полной мере удовлетворяет современным требованиям и требуется адаптивный режим работы. Отмечено, что такие системы могут быть представлены в виде иерархии трех трехуровневых блоков «производство – цех – участок». Рассмотрен верхний блок с трехуровневой структурой «руководитель – диспетчер – начальники подразделений». Замечено, что в публикациях отражены двухуровневые и трехуровневые системы. Последние рассматриваются в рамках веерной системы или с одним элементом на нижнем уровне, или описывается только процесс планирования. Автором предложен метод, составленный из метода оптимизации и разностных уравнений. Предложенный метод позволяет рассмотреть совместно процессы планирования и управления, описать процесс оперативного перехода на выпуск новой продукции, учесть целенаправленность структурных элементов и системы в целом, оценить динамику системы.

1. Введение

В рамках перспективной цифровой экономики значительную роль играют автоматизированные системы управления производством. В настоящее время такие системы являются информационно-поисковыми, предоставляющими информацию руководителю для последующего принятия решений. В то же время рыночные отношения характеризуются растущей конкуренцией, вызывающей необходимость построения информационно-управляющих адаптивных динамических систем, позволяющих оперативно переходить на выпуск новой продукции. Основы исследования таких иерархических систем восходят к работе [1].

Первоначально исследовались двухуровневые системы [2-4]. Позднее выяснилось, что следует рассматривать трехуровневые системы. В работах [5-9] рассматривались трехуровневые статические системы. В работах описывается веерная структура с неизменным масштабом координат на всех уровнях. В работе [6] изучается только процесс планирования, а в работах [7, 8] изучается только процесс управления в системе с одним элементом на нижнем уровне.

2. Постановка задачи

Следует сформировать метод теоретического описания процессов планирования и управления трехуровневых систем с учетом целенаправленности структурных элементов и горизонтальных связей на нижнем уровне. Подобные системы управления производством, как показал опыт, имеют многоуровневую структуру. Их целесообразно описывать [9] трехуровневыми блоками «производство – цех – участок».

В настоящей работе, являющейся обобщением работы [9], рассматривается верхний блок.

3. Решение задачи

Структура системы имеет вид, показанный на рис. 1.

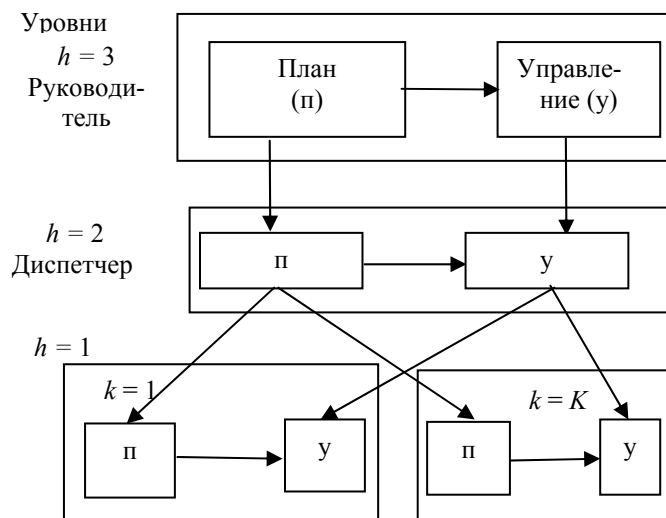


Рис. 1. Структура трехуровневой системы.

Модель должна учитывать два аспекта: оптимальный режим работы; оперативный переход на выпуск новой продукции. Необходимо рассмотреть процессы планирования и управления.

Начнем с процесса планирования.

Задача для нижнего уровня $h=1$ может быть представлена следующим образом:

$$\begin{aligned} & \mathbf{f}_k(\mathbf{P}_k(t_i)) \rightarrow \max, \\ & g_k(\mathbf{b}_k(t_i), \mathbf{R}_k(t_i), \mathbf{D}_k, \mathbf{P}_{1k}(t_i)) = 0, \\ & \dot{\mathbf{z}}_k(t_{i+1}) = \mathbf{f}_{11k}(\mathbf{z}_k(t_i), \mathbf{P}_{1k}(t_i)), \\ & (1) \mathbf{P}_k(t_i) = \mathbf{f}_{12k}(\mathbf{z}_k(t_i)), \end{aligned}$$

где \mathbf{P} , \mathbf{P}_1 , \mathbf{b} , \mathbf{R} – вектор-столбцы искомого плана, комплектов, наличных ресурсов, спроса (нижнее и верхнее значения); \mathbf{D} – матрица норм расходов; \mathbf{F} – вектор-строка прибыли за единицу готовой продукции; \mathbf{f} – целевая функция, \mathbf{z} – вектор состояния; \mathbf{f}_1 , \mathbf{f}_2 – вектор-функции, k ($k=1, K$) – номер структурного элемента; i ($i=1, L$) – номер интервала времени. Первые три выражения являются задачей статической, последние два отражают динамику процесса при оперативном переходе на выпуск новой продукции.

Горизонтальные связи диспетчерского уровня $h=2$ определяются так

$$\mathbf{D}_{kp}^m \mathbf{p}_{1k}(t_i) = \mathbf{p}_{k-1}^m(t_{i-1}),$$

$$\mathbf{D}^{\psi}_k \mathbf{p}_{1k}(t_i) = \mathbf{b}^{\psi}_k(t_i),$$

$$\mathbf{f} = \mathbf{F}(\mathbf{f}_k(\mathbf{P}_k(t_i))) \rightarrow \max, k = 1, K,$$

где m ($m=1, M$) материальные ресурсы; $\psi=1, \Psi$ остальные виды ресурсов; \mathbf{f}, \mathbf{F} вектор-функции.

Уровень $h=3$ описывается следующим образом

$$\mathbf{f}(\mathbf{P}(T)) \rightarrow \max,$$

$$g(\mathbf{b}(T), \mathbf{R}(T), \mathbf{D}, \mathbf{P}(T)) = 0,$$

$$\dot{\mathbf{z}}(T) = \mathbf{f}_{11}(\mathbf{z}(0), \mathbf{P}(T)),$$

$$\mathbf{P}(T) = \mathbf{f}_{12}(\mathbf{z}(0)),$$

где $\mathbf{P}, \mathbf{P}_1, \mathbf{b}, \mathbf{R}$ – вектор-столбцы искомого плана, комплектов, наличных ресурсов, спроса (нижнее и верхнее значения); \mathbf{D} – матрица норм расходов; \mathbf{F} – вектор-строка прибыли за единицу готовой продукции; \mathbf{f} – целевая функция, \mathbf{z} – вектор состояния; $\mathbf{f}_1, \mathbf{f}_2$ – вектор-функции.

При работе в традиционном режиме спрос меняется на выпускаемую продукцию

$$\mathbf{R}_3(t) = \mathbf{R}_{30} + \Delta \mathbf{R}_3 \mathbf{1}(t-\theta),$$

где $\mathbf{R}_{30} = \text{const}$ – прежний спрос, $\Delta \mathbf{R}_3$ – изменение спроса в момент времени θ , $\mathbf{1}(t)$ – единичная функция Хэвисайда, t – текущее время/

Появление вектора спроса на новую продукцию

$$\mathbf{R}_4(t) = \mathbf{R}_{40} \mathbf{1}(t-\theta),$$

где $\mathbf{R}_{40} = \text{const}$, создает возможность оперативного перехода на выпуск новой продукции.

Описание дает возможность согласовывать интересы, представленные целевыми функциями. Для «горизонтального» согласования предложены оригинальные алгоритмы, базирующиеся на равновесии по Нэшу и векторной оптимизации. На основе описания предложен алгоритм генерации числовых данных.

Выражение (1) позволяет описать нелинейную динамику процесса управления. для уровня $h=1$

$$\mathbf{g}_k(\mathbf{b}_k(t_i), \mathbf{Y}_k(t_i), \mathbf{D}_k, \mathbf{u}_k(t_i)) = 0,$$

$$\dot{\mathbf{z}}_k(t_{i+1}) = \mathbf{f}_{11k}(\mathbf{z}_k(t_i), \mathbf{u}_k(t_i)),$$

$$\mathbf{Y}_k(t_i) = \mathbf{f}_{12k}(\mathbf{z}_k(t_i))$$

$$J_k = f_k(\mathbf{Y}_k(t_i), \boldsymbol{\varepsilon}_k(t_i)) \rightarrow \min,$$

$$\boldsymbol{\varepsilon}_k(t_i) = \mathbf{P}_k(t_i) - \mathbf{Y}_k(t_i),$$

где \mathbf{z}, \mathbf{Y} – вектор-столбцы состояния и выхода, \mathbf{u} – вектор-столбец управления; \mathbf{p} вектор-столбец плана; $\boldsymbol{\varepsilon}$ вектор столбец отклонений; \mathbf{D} – матрица норм расходов, \mathbf{b} – вектор-столбец наличного количества ресурсов; t_i, T – минимальный интервал времени и время моделирования; $k = 1, K$ – номер подразделения; J целевая функция.

Горизонтальные связи диспетчерского уровня $h=2$ определяются так

$$\mathbf{D}^m_k \mathbf{u}_k(t_i) = \mathbf{y}^m_{k-1}(t_{i-1}),$$

$$\mathbf{D}^{\psi}_k \mathbf{u}_k(t_i) = \mathbf{b}^{\psi}_k(t_i),$$

$$\mathbf{f} = \mathbf{F}(\mathbf{f}_k(\mathbf{Y}_k(t_i))) \rightarrow \max, k = 1, K,$$

где m ($m=1, M$) материальные ресурсы; $\psi=1, \Psi$ остальные виды ресурсов; \mathbf{f}, \mathbf{F} вектор-функции.

Уровень $h=3$ описывается так.

$$g(\mathbf{b}(T), \mathbf{Y}(T), \mathbf{D}, \mathbf{U}(T)) = 0,$$

$$\dot{\mathbf{z}}(T) = \mathbf{f}_{11}(\mathbf{z}(0), \mathbf{U}(T)),$$

$$\mathbf{Y}(T) = \mathbf{f}_{12}(\mathbf{z}(0)),$$

$$J = \mathbf{f}(\mathbf{Y}(T), \boldsymbol{\varepsilon}(T)) \rightarrow \min,$$

$$\varepsilon(T) = \mathbf{P}(T) - \mathbf{Y}(T),$$

где \mathbf{z} , \mathbf{Y} – вектор-столбцы состояния и выхода, \mathbf{u} – вектор-столбец управления; \mathbf{p} – вектор-столбец плана; ε – вектор-столбец отклонений; \mathbf{D} – матрица норм расходов, \mathbf{b} – вектор-столбец наличного количества ресурсов; t_i , T – минимальный интервал времени и время моделирования; $m = 1, M$ – виды материальных ресурсов; $\psi = 1, \Psi$ – виды прочих ресурсов; $i = 1, I$.

Описание дает возможность оценить устойчивость, качество управления и ковариантность многоуровневой системы.

4. Обсуждение результатов

Таким образом, представлено обобщенное описание адаптивной системы управления производством, удовлетворяющее сформулированным требованиям. Оно открывает широкие перспективы для исследования подобных систем. На основе приведенного представления составлено описание для случая линейных критериев, более соответствующих сути подобных систем. Создана основа для компьютерного управления подобных систем. Проверка основных положений на модели малой размерности подтвердили справедливость теоретических предпосылок. Дальнейшее развитие настоящей работы ведется в направлении реализации компьютерной модели реальной размерности и ее использования в управлении системами.

Список литературы

1. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. М.: Физматгиз. 2012. 344 с.
2. Лавлинский С.М., Панин А.А., Плясунов А.В. Двухуровневая модель государственно-частного партнерства // Автоматика и телемеханика. 2015. № 11. С. 89-103.
3. Береснев В. П. О задаче конкурентного размещения предприятия со свободным выбором поставщиков // Автоматика и телемеханика. 2014. № 4. С. 94-105.
4. Павлов К.С., Хоботов Е.Н. Модели выбора и замены оборудования в производственных системах машиностроительных предприятий // Автоматика и телемеханика. 2015. № 12. С. 105-143.
5. Сагынғалиев К.С. Согласование планирования в трехуровневой активной системе // Автоматика и телемеханика. 1988. № 3. С. 80-91.
6. Голенко-Гинзбург Д., Кац В., Синяковский С., Ицкович Э.Л. Управление трехуровневой производственной системой типа «человек-машина» // Автоматика и телемеханика. 2000. № 5. С. 166-184.
7. Угольницкий Г. А., Усов А. Б. Алгоритмы решения дифференциальных моделей игр // Автоматика и телемеханика. 2016. № 5. С. 148-158.
8. Угольницкий Г.А., Усов А.Б. Трехуровневая система управления эколого-экономическими объектами // Проблемы управления. 2010. № 1. С. 26-32.
9. Чертовской В. Д. Интеллектуализация автоматизированного управления производством. СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та. 2007. 164 с.