

По нашему мнению, уровень безработицы в 2% можно принять за ее естественный уровень, который не может быть далее снижен без необратимых изменений в системе использования труда (то есть возвращение к поголовной занятости).

Как представляется, необходимо продолжить изучение проблем занятости в Беларуси с помощью методов корреляционно-регрессионного анализа в направлении построения множественных моделей на уровне не только совокупного рынка труда, но и в разрезе его сегментов.

<http://edoc.bseu.by/>

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СИСТЕМЕ КОЛЛЕКТИВНОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИИ КОМПАКТНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ

Д.Н. Свирский, Ю.А. Завацкий, В.Г. Павлюченко

Витебский государственный технологический университет

1. ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение конкурентоспособности предприятия наряду с мероприятиями по повышению качества выпускаемой продукции предполагает и решение проблемы комплексного ресурсосбережения. Одним из путей достижения эффективного ресурсосбережения является организация и функционирование компактного производства [1]. Компактная производственная система (КПС) представляет собой человеко-машинный комплекс, сочетающий функциональную достаточность с минимальной ресурсной избыточностью. Построение подобной системы является сложной творческой задачей и предполагает совместную работу коллектива специалистов разных областей знания, обеспеченную современными средствами компьютерной техники [2].

2. ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ КОМПАКТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В основу построения КПС положены следующие принципы:

- строгое соответствие структуры системы цели ее создания:

$$Z \Rightarrow \{F\} \Rightarrow \{St\};$$

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Герасенко В.П. Прогностические методы управления рыночной экономикой. Часть 1. – Гомель, Белорусский Центр бизнеса «Альтаир», 1997.
- [2]. Литовский С.М. Статистические методы в экспериментальных исследованиях (руководство по использованию «STATISTICA for WINDOWS». – Витебск, ВГТУ, 1996.
- [3]. Экономические тенденции в Беларуси: Квартальное обозрение. – Минск: Проект ТАСИС «Экономические тенденции в Беларуси» (ВЕТ), 1999. – Январь-март.
- [4]. Статистический ежегодник Республики Беларусь. 1999/ Мин-во статистики и анализа Респ. Беларусь. – Минск, 1999.
- [5]. Кашепов А.В., Трубин В.В., Устинова С.С. Рынок труда в России: проблемы формирования и регулирования. – М.: Наука, 1995.

- рекурсивная декомпозиция иерархической структуры КПС:

$$St(KPC) = \bigcup_{i=1}^N Inv_i \cup adp_N;$$

- локализация функциональных инвариантов:
 $Inv\{Z\} \Rightarrow Inv\{F\} \Rightarrow Inv\{St\};$
- функциональная достаточность компонентов КПС:

$$L_r = [L_r] \Rightarrow L_3 = L_{3, opt},$$

- оптимальное соотношение затрат на функциональный инвариант и лабильный компенсатор на каждом уровне иерархии КПС:

$$\frac{L_3(Inv)}{L_3(adp)} = \frac{R F_{inv}}{R F_{adp}};$$

- эволюционный подход к решению задач развития и модернизации КПС;

$$St(KPC)_{T=0} \Rightarrow \dots \Rightarrow St(KPC)_{T-T}$$

- отображение этапов развития КПС в ее структуре:

$$f: [St(KPC)_{T=0} \Rightarrow \dots \Rightarrow St(KPC)_{T-T}] \rightarrow St(KPC)_{T-T}.$$

В совместной работе над проектом КПС участвуют инженерно-технические работники всего предприятия, образуя «систему коллективного интеллекта» [3]. Субъектная модель

совместного многоаспектного проектирования (Рис. 1) дала возможность применить для описания и создания информационно-технического обеспечения тензорную аналогию.



Рисунок 1. Субъектно-объектная модель производственно-коммерческого цикла

3. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕЖСУБЪЕКТНОГО ИНТЕРФЕЙСА ПРИ КОЛЛЕКТИВНОМ ПРИНЯТИИ ПЛАНОВЫХ РЕШЕНИЙ

Моделирование КПС основывается на построении совместимых информационных систем (ИС), как совокупности алгоритмических, программных информационных средств. При построении ИС необходимо учитывать то, что знаковые системы, применяемые различными участниками проектирования, имеют профессиональную специфику, т.е. проектируемый объект, оставаясь инвариантным, с точки зрения различных субъектов проектирования (СП) описывается в конкретном пространстве СП (Рис. 1).

На каждом этапе коллективного проектирования основополагающим моментом является новое состояние изделия (продукции). Проводя геометрическую аналогию, можно сказать, что профессиональный смысл семантического инварианта продукции представляет собой некоторую область в соответственно n -мерном координатном семантическом пространстве каждого из субъектов коллективного проектирования. Переход от одного семантического пространства к другому формально может быть описан с помощью тензора: $t_i^j : e_j = t_i^j e^i$ [4].

В работе [5] доказано, что расширенная тензорная алгебра является реляционно полной.

Однако наряду с традиционно выполняемыми реляционной алгеброй структурными преобразованиями отношений тензорная алгебра работает также и с количественными характеристиками, что делает этот формализм более мощным и перспективным для использования при моделировании данных в информационных системах автоматизированного проектирования [4].

На каждом этапе проектирования могут возникнуть сложности в построении ИС, поэтому необходимо подготавливать дополнительные промежуточные системы координат и специальные пространства. В общем случае предметом исследования ИС является сеть, которую можно описать следующим образом: на счетном множестве C задается бинарное отношение $R : R \in C \times C, x \in C, y \in C, \text{ и } (x, y) \text{ — упорядоченная пара, причем } (x, y) \in R$. Определяется преобразование $F(R) = \sum_{r \in R} F(r)$. Тогда

сеть — система, в которой вершинам и ребрам поставлены в соответствие некоторые величины, т.е. заданы функции $f_1 : C \rightarrow x; f_2 : C \rightarrow y$. Множество всех отображений отличается от исходных множеств, однако с использованием получаемого функционального пространства строятся любые множества с нужными свойствами и структурами.

Использование тензорного подхода при описании процесса проектирования КПС дает возможность построения тензоров T_i для многоуровневого (иерархического) описания проектируемого объекта, которые при переходе от i -го уровня проектирования к j -му уровню с учетом известных зависимостей трансформируются с помощью некоторого преобразования:

$$M_i^j : T_i = M_i^j \cdot T^j$$

Наиболее абстрактной структурой при тензорном описании является обобщенное пространство V как совокупность трех объектов:

$$V = \{L; A; Out\},$$

где

- L – тензорный язык общения;
- A – правила, которые задают систему инвариантных объектов;
- Out – система вывода.

Например, при описании перехода от конструкции к технологии V тензорная модель должна состоять из двух объектов $\{I; T_i\}$: I – множество систем координат, на которые разбивается проектируемый объект при разработке технологического процесса; T_i – множество тензоров, в котором, в свою очередь, выделя-

ются тензоры двух видов. $T_1^{(1)}$ - тензоры, непосредственно описывающие отдельные этапы технологического процесса, их свойства и связи между собой; $T_1^{(2)}$ - нулевые тензоры, представляемые нулевыми матрицами $M^{(2)} = 0$ во всех допустимых системах координат [1].

На каждом этапе разработки технологического процесса создаются несколько уровней описания: U_0 - уровень описания маршрутного процесса (состоящего из отдельных операций), U_1 - операционный процесс (состоящий из переходов), U_2 - уровень описания детали, U_3 - описание групп поверхностей (функциональных модулей) и т.д. При этом возникают задачи создания промежуточных систем координат и специальных пространств. Отсюда следует, что построение тензоров описаний $T_{\alpha\beta\gamma\delta}$ и тензоров переходов $T_{a_1 a_2 \dots a_n}^{b_1 b_2 \dots b_n}$ сводится к описанию переходов (правил отображения) одновалентных тензоров X_{a_i} в X^{b_j} (т. е. $X_{a_i} = C_{a_i}^{b_j} X^{b_j}$), задающих инвариантный объект проектирования с различных точек зрения, т.е. в различных системах координат (Рис. 1).

Тензорный подход к моделированию и организации информационного обеспечения интеллекта позволяет осуществлять как непосредственный переход от одного пространства к другому, так и использовать «обходной» путь через компоненты тензорной базы данных более низкого уровня, т.е. с любой степенью детализации (Рис. 2).

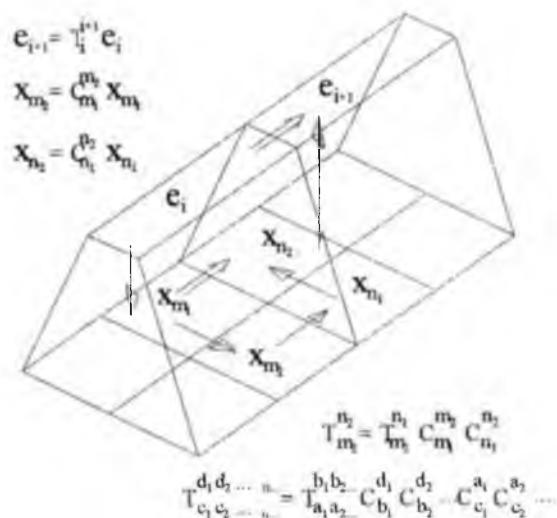


Рисунок 2. Общая схема тензорных преобразований информационных пространств

В работах [5,1,6] приведены примеры реализации фрагментов тензорной базы проектных данных, обеспечивающие маркетингово-конструкторский, конструкторско-технологический и технико-экономический интерфейсы соответственно.

4. СЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ КОМПАКТНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ

Процесс создания КПС состоит из трех этапов: макроструктурирование, синтез базовой структуры системы и структурная адаптация КПС к изменяющейся рыночной конъюнктуре. Последний этап продолжается на протяжении всего заданного периода функционирования КПС и предполагает оперативное управление конфигурацией системы. Настройка конфигурации КПС на выполнение конкретного заказа заключается в разбивке процесса выполнения задания на ряд взаимосвязанных этапов, выполнение которых зависит от соответствующего состояния системы.

Учитывая, что всем процессам управления КПС присущи такие свойства, как дискретность, асинхронность, параллелизм и иерархичность, то для их описания и моделирования предлагается использовать математический аппарат сетей Петри [7]. Применение сетевого моделирования для анализа управляемости компактной производственной системой позволяет оценить целесообразность распараллеливания выполнения различных этапов технической подготовки и производства изделия, облегчает контроль выполнения этапов и обеспечивает оптимальное управление ресурсами при изготовлении изделия [8]. Поскольку каждая компактная производственная система строится в соответствии с собственными представлениями проектировщиков об организации производства, то и модели производственного цикла изделия (ПЦИ) будут отличаться друг от друга, но математический аппарат сетевого моделирования процессов остается инвариантным и может применяться на любом предприятии.

Модель КПС представляется в виде графического изображения сетевой модели с отображением этапов ПЦИ в виде узлов сети, а условий их выполнения - в виде дуг переходов (Рис. 3). Основой модели системы КПС, построенной на базе математического аппарата сетей Петри, является понятие условно-событийной системы. Это означает, что событие может быть реализовано только тогда, ко-

гда все условия, или какая - либо их часть, необходимые для осуществления события, будут выполнены.

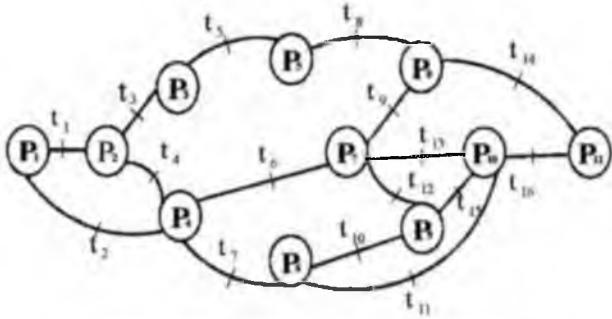


Рисунок 3 Фрагмент сетевой модели ПЦИ

Применяя математический аппарат сетей Петри, модель ПЦИ компактной производственной системы представляется, структурой в виде набора

$$N=(P, T, \Omega, F, H, \lambda, \varphi, \mu),$$

где

$P=\{p\}$ – множество этапов обеспечения ПЦИ;

$T=\{t\}$ – множество переходов между этапами;

$\Omega=\{\omega\}$ – множество цветов маркеров;

$F: P \times T \rightarrow \{0, 1, 2, \dots\}$ – функция инцидентности множеств позиций;

$H: T \times P \rightarrow \{0, 1, 2, \dots\}$ – функция инцидентности множеств переходов;

$\lambda: (P \times \Omega) \times T \rightarrow (0, 1)$ – функция распределения цветов маркеров по входным позициям переходов сетевой модели (функция условий срабатывания переходов);

$\varphi: T \times (P \times \Omega) \rightarrow (P \times \Omega)$ – функция распределения цветов маркеров по выходным позициям переходов сети (функция, определяющая новую маркировку сети при срабатывании перехода);

$\mu: P \times \Omega \rightarrow (0, 1, 2, \dots)$ – начальная маркировка сети.

Для каждого перехода определяется свое условие выполнения, которое задается следующей функцией определяющей из всего множества маркировок входных этапов сетевой модели подмножество допустимых входных маркировок для конкретного перехода:

$$\lambda: \left\{ \prod_{i=1}^{|\cdot t|} (\cdot t / \Omega) \right\} \rightarrow \{0, 1\}.$$

где

$\cdot t$ – множество входных позиций перехода.

Данная функция определяет из всего множества возможных входных маркировок подмножество C_t допустимых входных маркировок перехода t :

$$C_t = \{(p_{i1}, \omega_{i1}), \dots, (p_{in}, \omega_{in})\} = \left\{ \overline{(\cdot t, \Omega)} \right\}$$

$$p_{ik} \in \cdot t, \omega_{jk} \in \Omega, k = \overline{1, n}, n = |\cdot t|, j_k = \overline{1, |\Omega|}.$$

Функция φ ставит в соответствие единственное выходное распределение маркеров для каждого допустимого входного распределения из C_t .

$$C_{\cdot t} = \prod_{i=1}^{|\cdot t|} (t \cdot \Omega)$$

Условие срабатывания перехода t при некоторой маркировке μ имеет вид:

$$\forall p_{ik} \in \cdot t \exists \omega_{jk} \in \Omega, \text{ что } \mu(p_{ik}, \omega_{jk}) \geq F(p_{ik}, t),$$

$$\lambda t((p_{i1}, \omega_{j1}), \dots, (p_{in}, \omega_{jn})) = 1;$$

$$k = \overline{1, n}, n = |\cdot t|.$$

Тогда изменения маркировки сети в результате срабатывания перехода можно рассчитать по формуле

$$\mu_{t+1}(p, \omega) = \mu_t(p, \omega) - \delta_t(p, \omega)F(p, t) + \chi_t(p, \omega)H(t, p),$$

где

$$\delta_t(p, \omega) = \begin{cases} 1, & \text{если } (p, \omega) \text{ входит в } \cdot c_t; \\ 0 - & \text{в противном случае;} \end{cases}$$

$$\chi_t(p, \omega) = \begin{cases} 1, & \text{если } \mu t(\cdot c_t) = c_t, (p, \omega) \text{ входит в } c_t; \\ 0 - & \text{в противном случае;} \end{cases}$$

Техническая реализация сетевой модели ПЦИ в КПС легко накладывается на систему аппаратного обеспечения, построенную на основе различных конфигураций локальных вычислительных сетей. В качестве основы технического обеспечения информационного пространства КПС можно предложить модель сети, организованную по гибридной технологии с применением схем «звезда» и «общая шина» (Рис. 4).

Программная реализация сетевой модели КПС позволяет предоставлять необходимую информацию для принятия инженерных и управленческих решений в виде наглядных образов и информационных диаграмм, отражающих текущее состояние системы.

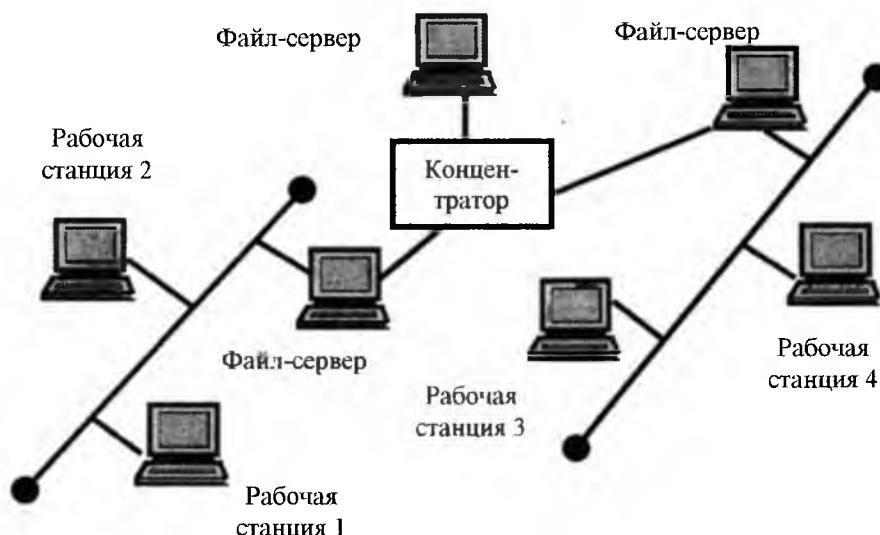


Рисунок 4. Модель сети, построенная по гибридной технологии

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Планирование, организация и управление функционированием КПС представляют собой сложные комплексные задачи, решать которые целесообразно в условиях совместной инженерной деятельности с помощью системы коллективного интеллекта. Предложенный тензорный подход позволяет моделировать ситуации межсубъектного взаимодействия и обмена данными для эффективного применения компьютерной обработки информационных потоков различного вида. С помощью реализованной по сетевой технологии схемы управления КПС гибко перенастраивается на выполнение соответствующего заказа. Оперативный контроль состояния КПС дает возможность оперативно реагировать на отклонения в процессе выполнение этапов ПЦИ, вносить коррективы в сроки подготовки и порядок обеспечения производства, а также осуществлять оперативное управление производственным процессом.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Свирский Д.Н. Компактная производственная система как объект автоматизированного проектирования. – Мн.: ИТК НАН Беларуси, 2000. – 48 с.

- [2]. Svirsky D. Compact manufacturing systems concurrent design methodology // Annals of DAAAAM for 1999. - Vienna: DAAAAM Int., 1999. – p. 537 – 538.
- [3]. Ракович А.Г., Свирский Д.Н. Коллективный интеллект в проектировании компактных производственных систем // Проблемы создания информационных технологий, вып. 2, т. 2. – Мн.: МАИТ, 1998. – с. 28 – 35.
- [4]. Завацкий Ю.А., Свирский Д.Н. Модель преобразования информации при коллективном принятии решений в технической подготовке производства // Моделирование и информационные технологии проектирования. Вып. 3. – Минск: ИТК НАН Беларуси, 2000. – С.99– 106
- [5]. Армениян А.Е. Тензорные методы построения информационных систем – М.: Наука, 1989. – 152 с.
- [6]. Горюшкина Н.И., Свирский Д.Н. Применение матричного метода для оценки эффективности функционирования предприятия // Машиностроение, вып. 17. – Мн. БГПА, 2001. – С.509-513.
- [7]. Розенблюм Л.Я. Сети Петри. //Иzv. АН СССР. Сер. “Техническая кибернетика”. 1983. – № 5. С.12 – 14.
- [8]. Павлюко В.Г., Свирский Д.Н. Организационно-технические аспекты автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства на современном машиностроительном предприятии // Моделирование и информационные технологии проектирования. Вып. 2. – Минск: ИТК НАН Беларуси, 2000. – С.103 – 109