

УДК 004.738.52

В. В. Завгородний, старший преподаватель
кафедры программного обеспечения систем
Днепродзержинского государственного
технического университета

И. В. Шевченко, кандидат технических наук,
доцент кафедры информационно-управляющих
систем Кременчугского национального университета
имени Н. Остроградского

В. Ф. Шостак, доктор технических наук,
профессор кафедры информационно-
управляющих систем Кременчугского национального
университета имени Н. Остроградского

С. С. Щербак, кандидат технических наук, доцент
кафедры электротехники и электромеханики
Днепродзержинского государственного
технического университета

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ СППР ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Предложена информационная технология разработки специализированных СППР для решения задач оперативного управления на предприятиях со сложной инфраструктурой и большим объёмом информационного пространства. Модель информационной технологии включает в себя ключевые информационные процессы создания СППР, модели информационного пространства и системы предприятия, задачи принятия решений и их поиска.

Запропоновано інформаційну технологію розробки спеціалізованих СППР для рішення задач оперативного управління на підприємствах зі складною інфраструктурою і великим обсягом інформаційного простору. Модель інформаційної технології включає ключові інформаційні процеси створення СППР, моделі інформаційного простору, системи підприємства, завдання прийняття рішень та їх пошуку.

An information technology has been developed, which is designed to produce specialized DSS for operational control in enterprises with complicated infrastructure and huge information space. The information technology model includes key information processes for DSS development, enterprise information space model, enterprise information system model, decision-making model, and problem-solving model.

Ключевые слова. Связанные данные, semantic web, производственные предприятия, принятие решений, распределенные системы.

Введение. В условиях производства полупроводниковых изделий и, в частности, кремниевых структур особенно актуальной является проблема гарантированного выполнения производственного плана. При этом должны решаться функциональные задачи нескольких типов. Кратко охарактеризуем эти задачи.

© В. В. Завгородний, И. В. Шевченко, В. Ф. Шостак, С. С. Щербак, 2013

На уровне оперативного управления решения про выпуск приниматься не могут. Поскольку наличие случайных воздействий делает его неопределенным, то возникает необходимость в утверждении решений о запуске продукции в обработку. Задача синтеза эффективных алгоритмов формирования этих решений является одной из основных задач при разработке распределенной информационной системы оперативного управления ходом производства полупроводниковых структур, поскольку оперативные решения о запуске непосредственно связаны с основными затратами производства – затратами от дефицита полуфабрикатов, их пролёживания и затратами от колебания основных параметров производства при реализации управляющих воздействий.

Как при решении задачи рационального распределения ресурсов, так и при решении задачи управления запуском продукции в обработку, возникает необходимость в упорядочении видов продукции по их важности (с позиций предприятия-производителя). В многопродуктовых производствах, а производство кремниевых структур является именно таким, значение каждого вида продукции неодинаковое как в экономическом аспекте, так и в директивном отношении, поэтому виды продукции, которые одновременно изготавливаются, могут иметь разный приоритет, который изменяется в процессе производства в зависимости от ряда факторов (изменение директив, изменение степени выполнения заказа установленных сроков и т. д.) изменяются во времени, то есть по своей природе они являются динамическими. Наличие динамических приоритетов требует использования в качестве принципа управления принцип динамического перераспределения ресурсов в пользу продуктов с высшим на данный момент приоритетом. Применение этого принципа фактически означает, что при нехватке ресурсов в данном временном интервале изготовление продукции с низким приоритетом переносится в следующий временной интервал. Поскольку распределение ресурсов тесно связано с эффективностью функционирования производственной системы, то разработка алгоритмов оперативной оценки приоритетов видов продукции является необходимой и актуальной задачей.

Наличие существенных опозданий в информационных каналах между компонентами распределенной информационной системы приводит к тому, что поступающие данные стареют и становятся непригодными для оперативного устранения возможных нарушений в ходе производственного процесса. Это приводит к необходимости использования методов прогнозирования развития хода производства как средств борьбы со старением информации. Важным показателем состояния процесса производства кремниевых структур является выход продукции в пригодную. Прогнозирование значений этого показателя – необходимая компонента решения задачи оперативного управления запуском продукции в производство. Однако статистические методы прогнозирования в условиях меняющейся конъюнктуры и других условий не могут дать удовлетворительного решения этой задачи. Особенности динамики процессов оперативного управления существенно ограничивают использование методов, которые могут успешно использоваться при решении задач планирования. В процессе оперативного управления невозможно измерять уровни всех воздействий, которые влияют на производственный процесс. Более того, невозможно также пересчитать все потенциальные источники воздействий.

При решении указанных задач оперативного управления производством гипотеза полной текущей информированности лица, принимающего решения, не всегда является оправданной, что резко снижает эффективность использования обычных методов теории автоматических систем. В этих условиях наиболее эффективным является использование адаптивных методов, основанных на моделях искусственного интеллекта и специализированных распределенных СППР.

Специализированные СППР (ССППР) – это особые интерактивные информационные системы, которые используют базы моделей, знаний, данных и базы программ для поддержки принятия полуструктурированных и неструктурированных решений в интерактивном процессе аналитического моделирования и регулирования хода производства как на уровне оперативного управления, так и на уровне регулирования технологического процесса. ССППР охватывают: компьютерное и технологическое оборудование, программное обеспечение, данные, модели, математические методы, аналитические технологии, живую работу менеджеров, специалистов и других пользователей [1].

Разработка специализированных СППР отличается от формирования традиционных информационных систем, потому что должна обеспечивать уникальные возможности по обработке внутренней и внешней информации в аналитических моделях в диалоговом режиме. Акцент здесь перенесен на возможности системы к адаптации в условиях быстро изменяющихся условий производства. Проблема усложняется тем, что источники данных конкретного производственного предприятия могут быть территориально распределены и связаны между собой с помощью компьютерной сети, причем вид и формат источников данных не является унифицированным, что создает дополнительные трудности при организации их автоматической обработки [2]. Например, система мониторинга состояний технологических процессов производства может использоваться в качестве хранилища реляционную базу данных, а система управления бизнес-процессами предприятия – объектно-ориентированную, что потребует для их использования создания дополнительных адаптеров, обеспечивающих бесшовную интеграцию в единое информационное пространство производственного предприятия [3]. Таким образом, представим множество всех источников данных производственного предприятия V следующим образом:

$$V = \overline{V_i}, i=1, n, \quad (1)$$

где V_i – i -й источник данных производственного предприятия; n – общее количество источников данных.

Каждый источник данных обслуживается своей информационной системой или подсистемой интегрированной системы управления, которая в современных условиях недостаточного финансирования часто строится на основе стихийной архитектуры, что приводит к повышению уровня разнородности источников данных [2]. Кроме того, продукция полупроводниковой промышленности на протяжении своего жизненного цикла подвергается изменениям, меняющим набор характеристик, доступных для анализа в информационной системе, причем уровень важности той или иной характеристики меняется в зависимости от использования тем или иным лицом, принимающим решения.

Постановка задачи. Анализ литературы [4, 5] показал, что для организации коммуникации между разнородными и территориально-распределенными источниками данных производственного предприятия необходима организация информационного пространства производственного предприятия, которое позволит повысить уровень внутри- и межсистемной связности, а процесс поддержки принятия решений рассматривать как набор взаимосвязанных процедур, присоединенных к экземплярам классов – виртуальным отражениям объектов предметной области, согласованно функционирующих внутри информационного пространства.

Таким образом, актуальным и целесообразным является создание информационной технологии разработки специализированной СППР оперативного управления производством полупроводниковых изделий, обеспечивающей получение и интеграцию общих и специальных сведений о предметной области, поступающих из различных источников и описываемых различными структурно-логическими схемами, правилами и прецедентами проблемных ситуаций.

Можно выделить следующие основные требования к подобным специализированным СППР:

- обеспечение целостного описания различных аспектов производственной деятельности предприятия;
- представление данных и знаний в виде графов логически взаимосвязанных объектов с учетом их развития в течение жизненного цикла;
- обеспечение удобной навигации по источникам данных информационного пространства с возможностью параметрических запросов на основе адаптивных процедур поиска для оперирования различными аспектами производственного процесса.

Результаты исследования. Согласно [6] информационная технология представляет собой совокупность методов, приёмов и программно-технологических средств, объединенных в

технологическую цепочку для обеспечения сбора, хранения, обработки и вывода информации. Можно утверждать, что применение определенных методов реализуется при использовании соответствующих моделей, структур данных и информационных процессов, а следовательно, при разработке информационной технологии необходимо определить статическую её часть – структуру как совокупность математических моделей (M) и их взаимосвязи (MR), структуру данных (DS), а также описать динамическую составляющую информационной технологии – информационные процессы (IP) и их взаимодействие между собой (PR) и моделями (MPR). Исходя из этого, информационная технология должна представляться набором:

$$IT = \langle M, MR, DS, IP, PR, MPR \rangle. \quad (2)$$

Опишем модели, которые используются при создании информационной технологии разработки специализированных СППР.

Модель единого информационного пространства на основе связанных данных (M1). Наиболее перспективной на сегодняшний день для построения информационного пространства предприятия является концепция связанных данных (англ. Linked Data), которая позволяет организовывать межсистемную коммуникацию путем описания содержимого информационных ресурсов с помощью языка RDF (англ. Resource Description Framework) [7] и применения языка запросов SPARQL (англ. SPARQL Protocol and RDF Query Language) [8]. Основным элементом внедрения концепции связанных данных является хранилища триплетов или квадов (t) – четырех компонентных структур связанных данных вида:

$$t = \langle g, s, p, o \rangle, \quad (3)$$

где g – поименованный граф, описывающий структуру данных;

s – субъект;

p – предикат;

o – объект; причем каждый компонент связанных данных с учетом распределенности их хранения должен быть представлен в виде URL (англ. Uniform Resource Locator) [9].

Хранилище связанных данных согласно [3] определим как совокупность структур t , определенных выражением (3):

$$T = \{t_i\}, i = \overline{1, n}, \quad (4)$$

где t_i – i -й квад;

n – конечное количество квадов в хранилище.

Квады в хранилищах группируются в контексты, причем в рамках одного контекста все квады t_i относятся к одному поименованному графу g .

Множество контекстов можно выразить с помощью следующей формулы:

$$G = \{g_j\}, j = \overline{1, m}, \quad (5)$$

где G – множество контекстов хранилища;

g_j – j -контекст хранилища;

m – количество контекстов хранилища.

Каждому контексту согласно выражению (3) поставим в соответствие набор $\langle s, p, o \rangle$. Таким образом, контекст определим с помощью следующей формулы:

$$\forall g \in G : g = \langle S, P, O \rangle, \quad (6)$$

где g – контекст хранилища данных;
 G – множество всех контекстов;
 S – множество субъектов;
 P – множество предикатов;
 O – множество объектов.

В рамках такого подхода, пусть I – информационное пространство производственного предприятия, тогда формально его выразим как конечное множество хранилищ связанных данных G :

$$I = \{T_k\}, k = \overline{1, z}, \quad (7)$$

где G_k – k -е хранилище связанных данных;
 z – общее количество хранилищ связанных данных производственного предприятия.

Таким образом, математическую модель информационного пространства на основе связанных данных [9] представим выражениями (3)–(7).

Модель информационной системы производственного предприятия на основе единого информационного пространства (М2). Задачи распределенной информационной системы, в состав которой входят специализированные СППР на рабочих местах, тесно связаны с организацией обработки данных, как циркулирующих через ее встроенные компоненты, так и получаемые с внешней среды, поэтому понятие объекта информационного пространства расширим множеством присоединенных процедур, реализующих операционную составляющую ИС. Таким образом, с учетом вышесказанного, определим структурно-логическую схему источника данных информационного пространства следующим образом:

$$G_{t_i}^S = \langle C, R, P, W \rangle, \quad (8)$$

где $G_{t_i}^S$ – схема связанных данных; C – множество классов, причем $C \subset G_{t_i}^S$;

R – множество отношений между классами, причем $R \subset G_{t_i}^S$;

P – множество свойств классов, причем $P \subset G_{t_i}^S$;

W – множество присоединенных процедур, реализующих операционную составляющую информационной системы вообще и СППР в частности.

Кроме того, определим множество пользователей системы U и подмножество процедур W^U ($W^U \subset W$), которые будут отвечать за обеспечение интерактивного взаимодействия пользователя с ИС с помощью формул (9)–(10).

Пользователей ИС производственного предприятия определим следующим образом:

$$U = \{u_i\}, i = \overline{1, h}, \quad (9)$$

где U – множество пользователей ИС;

u_i – i -й пользователь ИС.

Таким образом, взаимодействие пользователя (t_i) с ИС определим в виде параметризованной

присоединенной процедуры w^{int} как процесс формирования запроса к информационному пространству, выполнения соответствующей входному запросу процедуры объекта $w_j \in W^U$ (реакция ИС на входное воздействие) и визуализации результатов выполнения запроса (w^{viz}):

$$w^{int}(q) = \left\{ \begin{array}{l} w^{err}(q) / w_j(q) = \emptyset \\ w^{viz}(q, C_q^I) / w_j(q) \neq \emptyset \end{array} \right\}, \quad (10)$$

где q – запрос к ИС;

C_q^I – множество экземпляров классов, полученных в качестве результата выполнения запроса процедурой w_j ;

w^{err} – реакция ИС в случае ошибки выполнения процедуры w_j .

Таким образом, модель ИС производственного предприятия определим как расширенную модель информационного пространства, выраженную с помощью формул (3)–(9), с процедурой взаимодействия с пользователем (10).

Модель задачи принятия решений (М3). Задача принятия решений в специализированной СППР определяется моделью:

$$Z = \langle T, S, S_d, S_0, S_k, P, Q \rangle, \quad (11)$$

где T – множество связанных данных; S – множество текущих состояний (ситуаций); $S_d \in S$ – подмножество возможных (допустимых) состояний; $S_0 \in S$ – подмножество начальных состояний; $S_k \in S$ – подмножество конечных (целевых) состояний; $P: S \rightarrow S$ – конечное множество правил преобразований. Каждое правило $P_i \in P$ является присоединенной процедурой информационного пространства производственного предприятия, реализующей отображение $P_i: S_i \rightarrow S$, где S_i – область определения P_i ; Q – множество критериев качества решения.

Модель поиска решений (М4). Модель поиска решений формально определим набором:

$$M = \langle P_n, ST_n, P_{ген}, ST_{ген}, F_{ST}, F_P, F_S, F_M \rangle, \quad (12)$$

где P_n, ST_n – начальные множества продукций и стратегий, возможно пустые в исходном состоянии модели;

$P_{ген}, ST_{ген}$ – множества, используемые для формирования (пополнения) множеств P_n и ST_n ;

F_{ST} – правила выбора стратегий поиска ST_n и $ST_{ген}$;

F_P и F_S – правила пополнения множеств P_n и ST_n в процессе поиска решения;

F_M – правила модификации модели (расширения алфавита, модификации множеств $P_{ген}$ и $ST_{ген}$, правил выбора и пополнения и т. д.).

Далее перечислим информационные процессы, необходимые для разработки специализированной СППР и укажем, какие модели используются в этих процессах:

ИП1 – определение проблематики специализированной СППР (**М1, М2**);

ИП2 – определение целей и декомпозиция целей (**М2**);

ИП3 – определение критериев достижения целей и декомпозиция критериев (**М1, М2**);

ИП4 – определение задач и их приоритетности (**М2, М3**);

ИП5 – формирование шаблонов альтернатив (**М1, М4**);

ИП6 – формирование структуры базы данных и шаблонов запросов (**М1, М3**);

ИП7 – формирование базы знаний (структуры и правил вывода) (**М1, М3**);

ИП8 – формирование базы моделей и алгоритмов (**М3, М4**).

Исходя из вышеприведенных формул, моделей и логики взаимодействия информационных процессов, изобразим на рис. 1 схему информационной технологии разработки специализированной СППР для поддержки принятия решений на предприятии полупроводниковой промышленности, источники данных которого объединены в единое информационное пространство на основе концепции связанных данных.

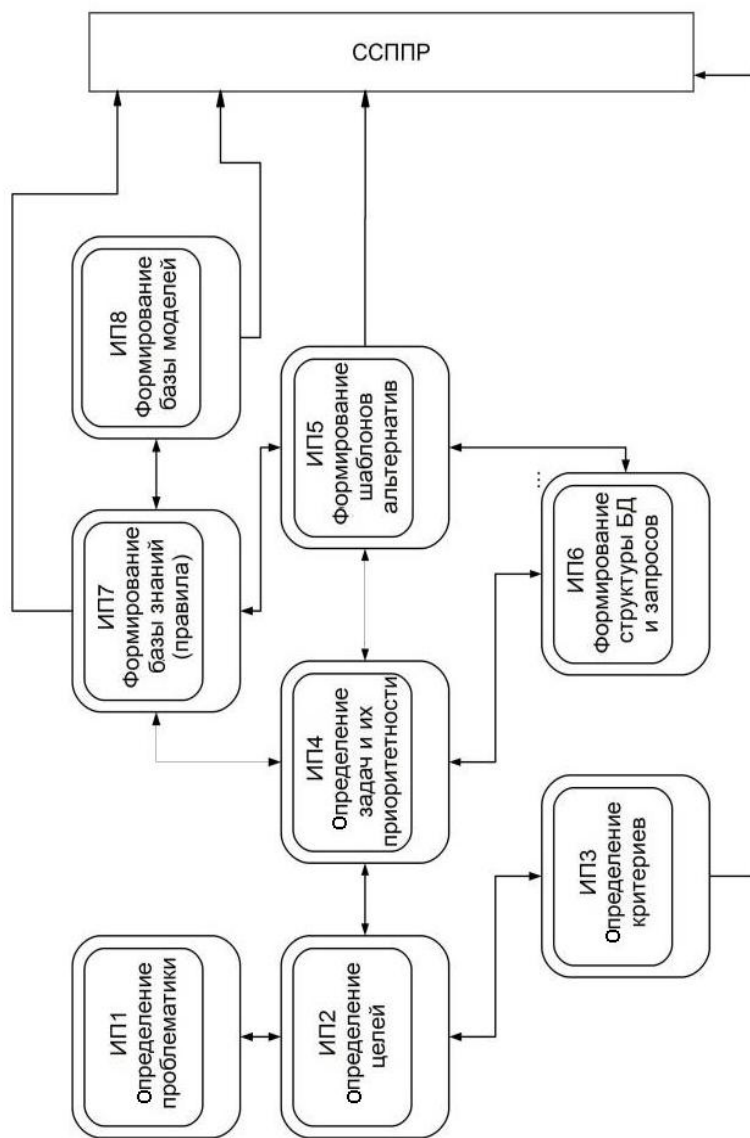


Рис. 1. Информационные процессы технологии разработки специализированной СППР на основе связанных данных

Выводы. 1. Разработана информационная технология разработки специализированных СППР для решения разнообразных задач управления на предприятиях со сложной структурой и большим объёмом информационного пространства.

2. Предложена структурная модель информационной технологии, которая включает в себя ключевые информационные процессы создания СППР, модель информационного пространства предприятия, модель информационной системы предприятия, модель задачи принятия решений и модель поиска решений.

3. Усовершенствована модель задачи принятия решений, которая в отличие от существующих включает множество связанных данных, что позволяет модифицировать задачу принятия решений при изменении логических связей в данных, подлежащих анализу.

4. Получил дальнейшее развитие подход к построению и модификации специализированных СППР, которые на протяжении своего жизненного цикла меняют свою структурно-логическую схему при изменениях в информационном пространстве предприятия.

Разработка теоретических основ построения информационных технологий построения систем поддержки принятия решений для оперативного управления на промышленных предприятиях, внедрения быстродействующих методов обработки информации позволяет уменьшить время решения уникальных диагностических задач, снизить материально-финансовые затраты и повысить эффективность разработки и эксплуатации компьютерных систем.

Литература

1. Ларичев О. И. Системы поддержки принятия решений: современное состояние и перспективы развития / О. И. Ларичев, А. Б. Петровский // Итоги науки и техники. – М. : ВИНТИ, 1987. – Т. 21. – С. 131–164.

2. Шаппелл Д. ESB – Сервисная шина предприятия / Шаппелл Д. ; [пер. с англ.]. – СПб. : БХВ-Петербург, 2008. – 368 с.

3. Арсеньев Б. П. Интеграция распределенных баз данных / Б. П. Арсеньев, С. А. Яковлев. – СПб. : Лань, 2001. – 464 с.

4. Бек К. Шаблоны реализации корпоративных приложений / К. Бек ; [пер. с англ.]. – М. : ООО И. Д. Вильямс, 2008. – 176 с.

5. Лис К. П. Онтологическая интеграция данных моделирования для управления сервисно-ориентированной ИТ-инфраструктурой / К. П. Лис // Материалы 6-й международной конференции СпбГУЭФ. – СПб : Изд-во СпбГУЭФ, 2010. – С. 62–67.

6. Информационная технология. Автоматизированные системы. Термины и определения : ГОСТ 34.003-90. – Введ. 01.01.92. – М. : Стандартинформ, 2009. – Издание (июль 2009 г.) с поправкой (ИУС 1-2003). – 16 с.

7. Powers S. Practical RDF / Powers S. – NY : O'Reilly Media, 2008. – 352 p.

8. Du Sbarme V. Learning SPARQL / Du Sbarme V. – NY : O'ReillyMedia, 2011. – 258 p.

9. Завгородний В. В. Единое информационное пространство производственных предприятий на основе связанных данных / В. В. Завгородний, С. С. Щербак // Системы обработки информации. – Харьков : ХУВС, 2013. – № 2 (199). – С. 134–138.

10. Завгородний В. В. Методы поиска решений в информационных пространствах производственных предприятий на основе связанных данных / В. В. Завгородний, С. С. Щербак // Вестник Кременчугского национального университета. – Кременчуг : КрНУ, 2013. – № 2. – С. 75–79.