

УДК 004.942:681.3.068

# ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ НЕЧЕТКОГО ВЫВОДА

К.т.н. Н.Ю. Филь, к.т.н. А.Б. Биньковская, Д.В. Дудко, Харьковський національний автомобільно-дорожній університет

*В работе проведен анализ существующих инструментальных средств моделирования бизнес-процессов. Разработана многокритериальная модель выбора инструментальных средств моделирования бизнес-процессов. Разработана информационная технология процесса обработки деталей с использованием методов нечеткого выбора в нотации IDEF0.*

*В роботі проведено аналіз існуючих інструментальних засобів моделювання бізнес-процесів. Розроблено багатокритеріальну модель вибору інструментальних засобів моделювання бізнес-процесів. Розроблено інформаційну технологію процесу обробки деталей з використанням методів нечіткого вибору в нотації IDEF0.*

*The paper analyzes the existing business process modeling tools. A multi-criteria model for the selection of business process modeling tools has been developed. The information technology for part processing using fuzzy selection methods in IDEF0 notation has been developed.*

**Ключевые слова:** информационная технология, метод анализа иерархий, методы нечеткого вывода.

## Введение

Инновационное развитие и совершенствование машиностроительного предприятия направлено, прежде всего, на повышение качества и надежности выпускаемой продукции. Это предполагает автоматизацию всех этапов и задач технологического проектирования, а также сделает возможным создание виртуального производства.

Автоматизация технологических процессов является важной задачей, именно ее внедрение и использование позволит резко снизить сроки, трудоемкость а, соответственно, и себестоимость изготовления различной продукции [1].

В тоже время возрастают требования к качеству и надежности изделий и сборочных деталей.

Для ускоренной разработки и внедрения новых или модернизации апробированных технологических процессов изготовления деталей необходимо определить и изучить закономерности технологических процессов, разработать математическую модель.

Такая модель позволит не только прогнозировать точность обработки деталей, но и оценить степень влияния различных факторов на суммарную погрешность, а также осуществить оптимизацию технологического процесса [2].

Значительные успехи моделирования различных технологических процессов достигнуты в индустриально развитых странах США, Германии и Англии [3].

Современные технологические процессы представляют собой сложные системы, входные и

выходные параметры которых, зависят от многочисленных факторов, применение детерминированных методов для построения математической модели не дает требуемой точности, а в некоторых случаях становится невозможным [2].

Таким образом, необходимо осуществлять поиск новых путей и методов совершенствования как технологичности машиностроительной продукции на всех этапах ее жизненного цикла, включая самые ранние этапы концептуального проектирования, так и технологий ее производства, в том числе процессов обработки и сборки с учетом возможностей, предоставляемых средствами автоматизации и современным информационно-программным обеспечением.

## Анализ публикаций

Вопросы создания информационного обеспечения системы укрупненного автоматизированного проектирования и нормирования технологических процессов на основе классификации и комплексных моделей инструментальной оснастки рассматриваются в работе [4].

В работе рассматриваются вопросы разработки технологических процессов изготовления деталей, в ходе которых происходит анализ всех составляющих узлов на предмет сопоставления с существующими и уже проработанными изделиями в базе данных и наличия аналогичных деталей в других изделиях. В то же время технологу даются «советы» по возможному выбору наиболее близких по входящим параметрам деталей с проработанными и нормированными технологическими процессами. Возможна также подборка инструмента из используемого на данном заводе или стандартного.

В работе [5] разработана модель нечеткого логического вывода, предназначенная для гибкого автоматизированного проектирования типовых технологических процессов серийного машиностроительного производства и информационной поддержки принятия решений по обеспечению качества деталей на основе выбора рационального метода механической обработки деталей.

## Цель и постановка задач

Целью работы является разработка информационной технологии (ИТ) процесса обработки деталей с использованием методов нечеткого вывода. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ инструментальных средств разработки бизнес-процессов (ИС);
- определить критерии выбора эффективного ИС;

- выбрать ИС для разработки ИТ процесса обработки деталей с использованием методов нечеткого вывода;
- разработать функциональную модель ИТ процесса обработки деталей с использованием методов нечеткого вывода;
- проанализировать полученные результаты.

**Анализ ИС для разработки бизнес-процессов**

Средства описания бизнес-процессов отличаются по функциональным возможностям, и, выбрать нужное средство для поддержки проекта по оптимизации бизнес-процессов сложно. На сегодняшний день получили распространение следующие системы описания бизнес-процессов: Visio, BPWIN, ARIS-Toolset [6].

Чтобы учесть мнения специалистов различных уровней и квалификации и при этом избежать грубых ошибок, рекомендуется метод анализа иерархий (МАИ) [7].

Формализации этого метода дают возможность получить взвешенные экспертные оценки с учетом всех критериев, оказывающих влияние на обсуждаемую проблему.

Задача обоснованного выбора ИС для ИТ процесса обработки деталей по многим критериям в условиях неопределенности является актуальной. Применение МАИ позволяет сделать такой выбор научно-обоснованным.

Метод анализа иерархий состоит в декомпозиции проблемы на более простые составляющие части и дальнейшей обработке последовательности суждений на основе парных сравнений [7,8].

На первом этапе строится иерархия проблемы (рис.1).

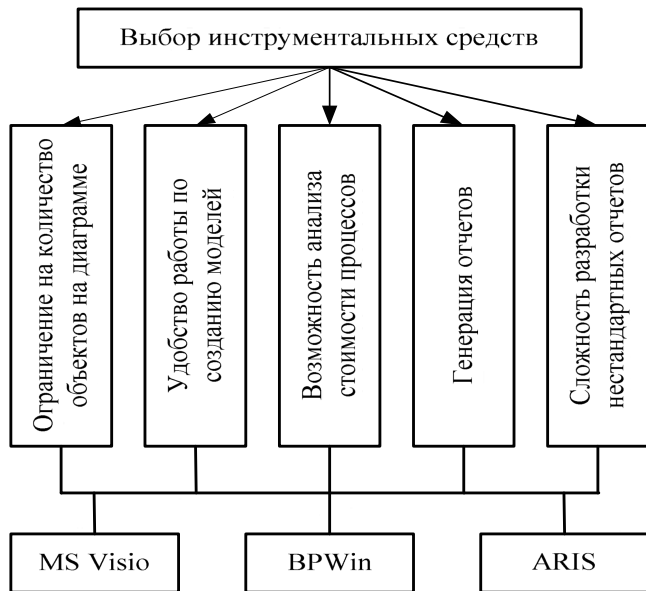


Рис. 1. Обобщенная модель выбора инструментальных средств

После проведения опроса группы экспертов формируется множество оценок альтернатив и осуществляется обработка результатов. Вначале производится нормирование экспертных оценок, на основании которых формируются матрицы попарных коэффициентов значимости альтернатив.

Обозначим через  $n$  число альтернатив бизнес-процессов. Эти альтернативы имеют разные характеристики. Пусть известны некоторые положительные числа  $w_v$ , которые будут характеризовать степень наличия данного свойства (характеристики) у другой альтернативы. Чем больше число  $w_v$ , тем больше мера этого свойства выражена у данного средства описания бизнес-процессов. Соответственно терминологии, введенной в МАИ, эти числа называются весами, интенсивностями или коэффициентами важности альтернатив. Суммарный вес этих коэффициентов нормализуется и должен равняться единице [7,8].

$$\sum_{v=1}^n w_v = 1 \tag{1}$$

Для коэффициентов важности альтернатив строится матрица относительных весов:

$$\bar{A} = (\alpha_{vc}) = \begin{pmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \dots & \alpha_{1n} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \dots & \alpha_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \alpha_{n1} & \alpha_{n2} & \dots & \alpha_{nn} \end{pmatrix} \tag{2}$$

Значения  $w_v$  сначала неизвестные и их необходимо определить. В МАИ вес определяется при помощи выставления экспертных оценок элементов путем их парного сравнения. С этой целью строится матрица парных сравнений:

$$\bar{A} = (\alpha_{vc})_{n \times n} = \begin{pmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \dots & \alpha_{1n} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \dots & \alpha_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \alpha_{n1} & \alpha_{n2} & \dots & \alpha_{nn} \end{pmatrix} \tag{3}$$

Произвольный элемент  $\alpha_{vc}$  этой матрицы является числом, которое показывает, во сколько раз вес альтернативы  $A_v$  больше веса альтернативы  $A_c$ . Реализация метода Саати состоит из определения максимального собственного значения  $\lambda_{max}$  матрицы парных сравнений  $\bar{A}$  и в вычислении собственного вектора  $\bar{w} = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ . Если число  $\lambda_{max}$  найдено, то вектор  $\bar{w}$  можно найти, решив систему линейных уравнений, получаемых из равенства

$$(\bar{A} - \lambda_{max} \bar{E}) \bar{w} = 0 \tag{4}$$

где  $\bar{E}$  - единичная матрица. Если найденный вектор  $\bar{w}$ , не отвечает условию нормирования (1), то нужно разделить каждую его компоненту на сумму всех

его компонент. В результате получим вектор, который удовлетворяет условию нормирования и равенства (4), он и будет решением задачи.

Компоненты этого вектора являются весовыми оценками для категорий, сравниваемых в матрице попарных сравнений, то есть указывают на приоритеты.

В ходе исследования экспертами составлены матрицы попарных сравнений для критериев и альтернатив, по выбранным критериям.

После проведения всех парных сравнений и получения данных вычисляются собственные вектора и отношение согласованности для каждой матрицы попарных сравнений, согласно рассмотренной ранее процедуре.

На последнем этапе проводится вычисление общего веса варианта решения путем последовательного взвешивания векторов весов нижележащего уровня компонентами вектора весов вышележащего уровня (рис. 2). Задача завершается ранжированием рассматриваемых альтернатив ИС.

	Критерий1	Критерий2	Критерий3	Критерий4	Критерий5	Глобальный приоритет
	0,16	0,08	0,37	0,16	0,23	
MS Visio	0,28	0,22	0,22	0,28	0,15	0,22
Bpwin	0,38	0,32	0,48	0,47	0,47	0,45
ARIS	0,34	0,46	0,3	0,25	0,38	0,33

Рис. 2. Результаты ранжирования инструментальных средств

**Разработка информационной технологии процесса обработки деталей с использованием методов нечеткого вывода**

Для описания ИТ процессов обработки деталей с использованием методов нечеткого вывода наибольший интерес представляет собой методология функционального моделирования IDEF0 [8].

Методология SADT (IDEF0) предназначена для функционального моделирования, то есть моделирования выполнения функций объекта, путем создания описательной графической модели, показывающей что, как и кем делается в рамках функционирования любой организации [8].

Разработанные IDEF0 модели предназначены для документирования технологических процессов обработки деталей с использованием методов нечеткого вывода, отображения какая информация и ресурсы используются на каждом этапе технологических процессов обработки деталей с использованием методов нечеткого вывода.

SADT рекомендуется использовать на ранних этапах жизненного цикла разработки автоматизированных информационных систем: для более глубокого и комплексного понимания технологических процессов обработки деталей с использованием методов нечеткого вывода до его воплощения.

Применение стандартов группы IDEF является фактическим условием для получения статуса организацией, удовлетворяющей ISO 9000, ISO 9001. В последние годы интерес к методологиям семейства IDEF неуклонно растет. Ориентация на международные

стандарты способствует вхождению предприятий Украины в мировое информационное пространство [8].

Таким образом, моделирование технологических процессов обработки деталей с использованием методов нечеткого вывода с использование информационных технологий позволит достигнуть с заданной вероятностью основных параметров проектируемых изделий и/или деталей.

BPwin является мощным средством моделирования и документирования бизнес-процессов. Этот продукт использует технологию моделирования IDEF0 (Integration Definition for Function Modeling) – наиболее распространенный стандарт, который принят для моделирования бизнес-процессов [9].

Диаграммы IDEF0 наглядны и просты для понимания, в то же время они формализуют представление о моделируемых процессах, помогая с легкостью находить общий язык между разработчиком и будущим пользователем приложения [10-11].

Рассмотрим модель информационной технологии процессов обработки деталей с использованием методов нечеткого вывода.

Как известно, ИТ – это совокупность методов, аппаратных и программных средств преобразования информации [10-11].

Контекстная диаграмма информационной технологии обработки деталей с использованием методов нечеткого вывода представлена на рис. 3 в нотации IDEF0.



Рис. 3. Контекстная диаграмма ИТ процесса обработки деталей с использованием методов нечеткого вывода

Для отображения различных этапов ИТ процессов обработки деталей с учетом методов нечеткого вывода, используется возможность BPwin переключаться на любой ветви модели на нотацию IDEF3 или DFD и создать смешанную модель.

В качестве предметной области выбран технологический процесс обработки деталей.

В настоящее время вследствие роста возможностей современных ПК разрабатываются ИТ, которые обеспечивают поддержку процесса принятия решений.

В роли системы принятия решений может выступать база знаний. Процесс нечеткого вывода представляет собой некоторую процедуру или алгоритм получения нечетких заключений на основе нечетких условий или предпосылок (рис. 4) [12].

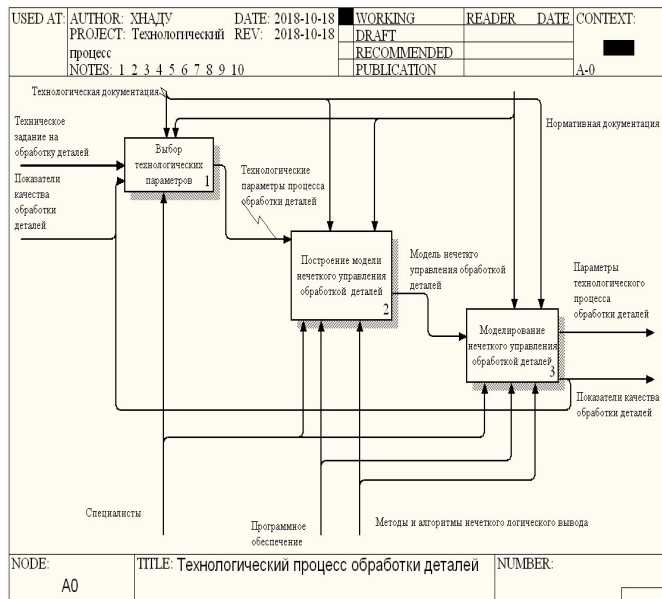


Рис. 4. Декомпозиция первого уровня

Построение модели нечеткого управления обработкой деталей состоит из базы правил, определяющих зависимость между входными и выходными термами-множествами, и базы данных, которая содержит функции принадлежности, показывающие степень соответствия реальных величин понятиям, определяемые термами-множествами (рис. 5).

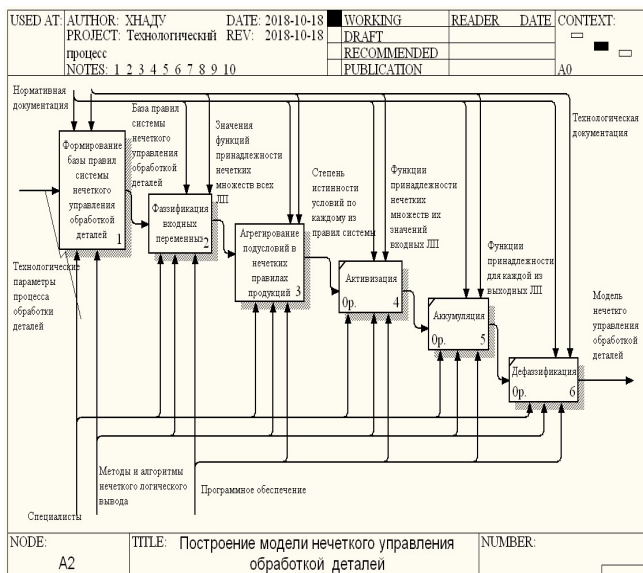


Рис. 5. Декомпозиция второго уровня

Результатом выполнения данного этапа является вывод о достижении поставленных параметров обработки детали и разработка рекомендаций, по корректировке решений исходя из результатов.

**Выводы**

В работе проведен анализ существующих инструментальных средств моделирования бизнес-процессов. Разработана многокритериальная модель выбора инструментальных средств моделирования бизнес-процессов.

Разработана информационная технология процесса обработки деталей с использованием методов нечеткого выбора в нотации IDEF0, которая позволяет формализовать параметры и характеристики исследуемого объекта, что обеспечивает необходимую для анализа объекта и синтеза технологического процесса полноту описания.

В статье получил дальнейшее развитие метод анализа иерархий за счет распространения его на новую предметную область – выбор инструментальных средств разработки информационной технологии процесса обработки деталей с использованием методов нечеткого выбора в нотации IDEF0.

Дальнейшие исследования в этой области следует посвятить нечеткому методу обработки деталей.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:**

1. Михалев О.Н. Автоматизация проектирования технологических процессов обработки точных отверстий на станках с ЧПУ. / О.Н. Михалев, А.С. Яношкин - *Технология машиностроения.* – 2010. – №5. – С. 48-54.
2. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования: учеб. для вузов / И.П. Норенков. – М.:Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 430 с.
3. Бровкова М.Б. Системы искусственного интеллекта в машиностроении: учеб. пособие / М.Б. Бровкова. – Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2004. – 119 с..
4. Федин С. С. Информационное обеспечение качества деталей машиностроения с использованием модели нечеткого логического вывода / С. С. Федин, Н. А. Зубрецакая, А. С. Гончаров // *Системы обробки інформації.* – 2012. – № 2(100). – С. 104–107.
5. Кузультинов С.Д. Информационное обеспечение системы укрупненного автоматизированного проектирования и нормирования технологических процессов инструментальной оснастки / С.В. Кузультинов, Г.Н.Мальшиев // *Машиностроение*, 2011, №2. – С. 55-57.
6. Сравнение инструментальных средств Visio, BPWIN, ARIS u Rational Rose [Электронный ресурс].– Режим доступа: <http://udik.com.ua/books/book-418/chapter-14509/>
7. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. – М.: Радио и связь. – 1993. – 305 с.
8. Fil' N. Functional model of information technology management natural emergency situations on the main highways // *Автоматизация технологичних та бізнес-процесів*, Том 9, № 2 .2016. – С 57-61.
9. Leonovich, I. I., Kashevskaya, E. V. (2006). *Osobennosti processnogo upravleniya kachestvom avtomobilnyh dorog. Nauka i tehnika v dorozhnoy otrasli*, 1, 8–11.
10. Dubeykovsky, V. I. (2009). *Effektivnoye modelirovaniye s ERwin® Process Modeler (BPwin; Allfusion Process Modeler)*. М.: Dialog-Mifj, 384.
11. Tomashevsky, O. M., Tsigelik, G. G., Viter. M. B., Duduk, V. I. (2012). *Informaciyni tehnologiiyi ta modelyuvannya bizness-prociviv: navch. posib. K.: Centr uchbovoy literatury*, 296.
12. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. М.: Горячая линия – Телеком. – 2007. – 288 с.