



# OSTIS-2016

(Open Semantic Technologies for Intelligent Systems)

УДК 621.9

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ САМ-ОБРАБОТКЕ СТУДЕНТОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОФИЛЯ

Барабанова Е.Ю.

*Ульяновский государственный технический университет,  
г. Ульяновск, Российская Федерация*

**puzakina@yandex.ru**

В данной работе предложено решение вопроса по оценке эффективности процесса обучения САМ-обработке на основе выведенного коэффициента эффективности. При построении процедуры оценки использовались достижения современного интеллектуального анализа временных рядов, в частности, метод меры ассоциации между временными рядами. Помимо этого, рассмотрены особенности самой разработки рабочей учебной программы для обучения студентов машиностроительного направления на основе онтологии предметной области.

**Ключевые слова:** эффективность обучения, САМ-обработка, станки с ЧПУ.

### Введение

В настоящий время наблюдается рост интереса со стороны промышленности к инженерной сфере деятельности вообще и к сфере автоматизированного проектирования в частности. В области последнего на большинстве производств имеет место острый дефицит в квалифицированных специалистах в области САМ (Computer-aided Manufacturing). Под термином Computer-aided manufacturing (CAM) понимают как программы, используемые технологами-программистами для подготовки управляющих программ (УП) для станков с числовым программным управлением (ЧПУ), так и сам процесс автоматизированной подготовки производства.

Сама проблема недостаточного количества квалифицированных кадров обсуждается на разных уровнях и в разных странах. Так, к примеру, Джэймс Вэйкфорд в своей статье "Управление цепочкой поставки" анализирует первопричины сложившейся негативной ситуации и предлагает в качестве одного из решений введение нового термина - "Цепочка поставки САМ-специалистов". Возьмем за основу данную терминологию и пристально рассмотрим сторону эффективности самого процесса обучения САМ-обработке.

### 1. Освещенность вопроса оценки эффективности обучения

Вопрос оценки эффективности обучения персонала широко освещен в научной литературе.

Так, в частности, специалисты выделяют четыре основных способа качественной оценки результатов профессионального обучения.

При первом способе происходит оценка способностей и знаний сотрудников непосредственно в ходе или по завершению курса обучения. При использовании второго способа оцениваются профессиональные знания и навыки конкретно в условиях производства. Третий способ – оценивается влияние обучения на параметры производства. Четвертый способ – это способ экономической оценки.

Однако описанные выше способы оценки носят слишком общий характер и не учитывают специфику узконаправленной предметной области – машиностроения. Решение в этом направлении предложил В.А. Селезнев в своей статье «Комплексные показатели оценки эффективности освоения конструкторско-технологических компьютерных систем». В ней он предлагает интегральные коэффициенты оценки эффективности освоения САМ систем, а также компьютерная программа для их расчетов и обработки общих результатов по учебной группе. Особый интерес представляет выведенный автором интегральный коэффициент эффективности освоения технологического модуля компьютерной программы, который определяется по формуле

$$KE = \frac{T_{\text{вып}} + N_{i\phi}}{(N_{\text{и}})^2}, \quad (1)$$

где  $T_{\text{вып}}$  – время выполнения технологической

разработки в мин,  $N_{\text{ош}}$  - количество ошибок в выполненной разработке, а  $N_{\text{оп}}$  - количество технологических переходов (например - установить, точить, сверлить, фрезеровать, контролировать и т.п.) в разработке, возведенное в квадрат.

Использование вышеописанного подхода возможно лишь на начальных этапах обучения, т.к. оно излишне упрощает и сам процесс САМ-проектирование и сам процесс обучения САМ-проектированию. Также представленный подход не позволяет отследить общую динамику и прогресс обучающихся и выявить взаимосвязь между временем работы, количеством неточностей и ошибок и ростом квалификации. Однако автор и не ставил перед такую задачу, он работал с общим результатами по группе обучаемых.

## 2. Методика оценки эффективности САМ-обучения на базе САП-преобразований

Отдельно стоит отметить, что эффективность обучения носит динамический характер, а значит, его представляется возможным формально рассмотреть как наблюдаемую величину - сигнал, а в качестве метода исследования следует воспользоваться реконструкцией динамических систем. Этот раздел теории динамических систем называется анализом временных рядов. В качестве аналога для сравнения результатов, снимаемых с наблюдаемой величины, между собой и поиска взаимосвязей были приняты преобразования Скользящих Аппроксимаций, САП-трансформ (Moving Approximation Transform, MAP). Их особенность - инвариантность относительно линейных преобразований временных рядов, а также ненужность сглаживания данных, поскольку САП-трансформ основан на сглаживании временных рядов. Наиболее полную информацию об ассоциациях между временными рядами  $y$ ,  $x$  дает последовательность ассоциаций локальных трендов, посчитанных для всех размеров скользящих окон  $k=2, \dots, n$ . Такая последовательность называется ассоциативной функцией, значения которой зависят от размера. График этой функции дает полезную информацию об ассоциациях между временными рядами. Можно рассматривать некоторое подмножество  $K \in \{2, \dots, n\}$  всех возможных окон и говорить о функции  $AFK(y, x)$ , определенной на множестве окон  $K$ . Среднее или максимальное значение этой функции может быть использовано как мера ассоциации между временными рядами. Ассоциативная функция позволяет выявлять положительные и отрицательные ассоциации между временными рядами, имеющими сложную структуру.

Простой двухфакторный анализ эффективности процесса обучения САМ-обработке можно осуществить при продолжительном ведении преподавателем отчета по обучаемым студентам, в который он заносит следующую информацию:

- Класс сложности задания (Ксл)
- Время выполнения задания (Твып)
- Количество операций в САМ-обработке ( $N_{\text{оп}}$ )
- Количество неточностей и ошибок при выполнении задания (оно же качество выполнения типового задания) ( $N_{\text{ош}}$ )

Мера же ассоциации по методу САП-трансформ будет определяться между Отношением  $(Твып + N_{\text{ош}}) / (N_{\text{оп}})^2$  и классом сложности задания Ксл.

В своем исследовании мы, во-первых, выстраиваем научный подход к самому процессу обучения САМ-обработке и, во-вторых, изучаем зависимость между временем, затраченного студентом на создание САМ-обработки, и его конечной квалификацией.

## 3. Построение программы обучения САМ-обработке на основе экспертных знаний

В сфере профессионального обучения студентов машиностроительного профиля отсутствует как таковой целый пласт обучающих методик по прикладной специализированной тематике - программирование станков с ЧПУ - которые бы одновременно с этим отвечали современным требованиям крупных производств. Т.к. данное направление требует обширных фундаментальных знаний в области теории металлообработки, то его изучение целесообразно включать на старших курсах средне-профессиональных и высших учебных заведений. Однако оно не должно ограничиваться освещением элементарных основ: понятий G-кодов, M-функций, классификации и устройств станков с ЧПУ, тем более что в качестве примеров последних даются, зачастую, примеры 70-х и 80-х годов.

При составлении учебных программ и методик стоит применять последние достижения области педагогики и психологии высшей школы. Но если в наиболее востребованных специальностях (IT-сфера, PR, экономика, менеджмент) это ярко выражено, то в области высшего образования по технологии машиностроения таких наработок нет вовсе.

Однако создание современной учебной программы не способно в полной мере адекватно решить проблему подготовки квалифицированных кадров. Для этого необходимо сформировать модель обучения с ее качественным анализом, выражающемся в измерении конкретных параметров и построенных на их основе временных рядах.

В нашем случае под моделью обучения мы понимаем динамический процесс по получению необходимых квалификационных навыков, необходимых для автоматизированного создания корректных управляющих программ для станков с ЧПУ. Квалифицированность навыков заключается в

самостоятельном выполнении обучающих задач, формируемых преподавателем перед своими студентами. Под корректностью управляющих программ стоит понимать отсутствие столкновений режущего инструмента с заготовкой и элементами специального технологического оснащения; минимизация смен позиций режущего инструмента; безопасность всех перемещений режущего инструмента на «быстром ходе» (при максимально возможных подачах).

Задача создания такого обучающего курса состоит также в подборе метрики учебных заданий с учетом сложности САМ-обработки, которые в полной мере охватывают все типовые детали по механообработке. Сам фрагмент метрики САМ-обработки представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Название таблицы

| Наименование конструктивного элемента   | Характеристика элемента, которая может повлиять | Условие влияния, усложняющего механообработку   |
|---|---|---|
| Паз (имеет постоянную ширину)   | ширина  | Если соотношение глубина/ширина $\geq 2$ ,  |
|   | глубина   |   |
|   | скругление                                      | Если соотношение ширина/величина скругления $\geq 3$ , то "подчистка углов"   |
|   |   | Паз = "поднутрение", то или отдельный установ или специнструмент (грибковая фреза)  |
| Карман = колодец (внешний ограничивающий контур всегда замкнут и дно расположено ниже плоскости привязки) | Толщина стенок пола                             | Если толщина стенок пола $< 2,5$ , то рисуем отдельные ребра жесткости, которые потом срезаем   |
|   | Радиус углов стенок                             | Если соотношение ширина/величина радиуса $\geq 3$   |
| Скос (наклонная поверхность)  | Угол  | Угол между скосом и верхней поверхностью нестандартный, то или использовать обработку 3+2, или раскатывать поверхность сферической фрезой |

Эти задачи с ростом сложности мотивируют обучающихся на более широкий и неординарный подход к решению их. Финальным этапом в обучении становится следующая ролевая игра. Обучающиеся делятся на группы по 2 человека, один из которых принимает на себя роль инженера-конструктора, спроектировавшего деталь для механообработки на станке с ЧПУ; второй принимает роль инженера-технолога, которому необходимо составить УП на данную деталь. В ходе работы они должны взаимодействовать между собой, решая задачи по упрощению конструкции детали и совместному проектированию УП. Со стороны преподавателя-модератора после выполнения задания выставляется оценка работе каждой группы, которая в общей картине профессиональной квалификации имеет больший вес.

Укрупнено процесс написания управляющих программ можно представить следующим образом. Технологи-программисты при получении задания на разработку в первую очередь смотрят на конструкторский документ – чертеж (электронную модель детали/сборочной единицы), и выявляют следующие ключевые моменты:

- габарит детали/сборочной единицы;
- материал детали/сборочной единицы;
- общая геометрия детали/сборочной единицы;
- размерная цепочка с предельными отклонениями от номинальных данных;

Далее назначается нулевая точка и составляется общая стратегия САМ-обработки. В последнюю очередь, после проверки корректности всей обработки, управляющую программу проводят через постпроцессор и отдают в цех оператору.

Более наглядно описываемый процесс представлен на рисунке 1.

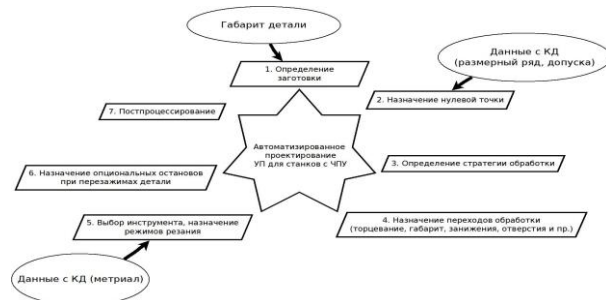


Рисунок 1 – Схема процесса автоматизированного проектирования управляющих программ для станков с ЧПУ

Описанный выше подход нашел свою реализацию в разработанных нами методических указаниях к практическим и лабораторным работам для студентов машиностроительного профиля.

#### 4. Практическая реализация при исследовании эффективности обучения САМ-обработке

В рамках проведения практической работы среди студентов авиационного колледжа указанные данные были получены первоначально из отчета преподавателя, отмечавшего количество разработанных УП студентами и дававшего свою экспертную характеристику сложности их работ по 10-бальной школе. Отдельно стоит отметить, что при обучении студентов была применена онтология предметной области по станкам с ЧПУ, а также использовались учебный справочник технического переводчика «Станки с ЧПУ» и база знаний технического переводчика «Юнитех».

Статистические данные были предоставлены за период декабрь 2014 г - февраль 2015 г в формате excel-отчета. После просчета локальных трендов по каждому из шести результатов анализа были построены ассоциативные функции, показанные ниже.



Рисунок 2 – Ассоциативные функции для данных по количеству УП и степени их сложности

#### Заключение

Таким образом, предложенный в данной работе подход при оценке эффективности процесса обучения САМ-обработке студентов машиностроительного профиля базируется на собственных разработанных методических указаниях и учитывает динамических характер самого процесса обучения. В ходе разработки методики обучения САМ-обработке была разработана метрика сложности самой САМ-обработки, а также систематизирован подход к ней.

Также в данной работе представлены практические результаты оценки эффективности обучения написанию управляющих программ для станков с ЧПУ с применением метода скользящих аппроксимаций и последующим построением ассоциативной функции.

#### Библиографический список

[Селезнев, 2012] Селезнев В.А. Комплексные показатели оценки эффективности конструкторско-технологических компьютерных систем. // Вестник Брянского государственного университета. Брянск. 2012. – С.67-73.

[James Wakeford, 2014] Managing the CAM Workforce Supply Chain // CAD/CAM/CAE OBSERVER, 2014. – P. 62-65.

[Барабанова и др, 2015] Барабанова Е.Ю., Башаев В.А., Клейн В.В., Мокин В.С. Построение информационной поддержки автоматизированного проектирования управляющих программ для станков с ЧПУ // Радиотехника. Москва. 2015. – С.63-67.

#### EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF THE LEARNING PROCESS OF STUDENTS CAM-PROCESSING MACHINE BUILDING

Barabanova E.Yu.

*Ulyanovsk State Technical University, Russian Federation*

**puzakina@yandex.ru**

This paper proposes a solution to the problem of assessing the effectiveness of the learning process CAM-processing based on the derived coefficient of efficiency. In constructing the assessment procedures used to achieve the modern intelligent time-series analysis, in particular, the method measures the association between time series. In addition, the peculiarities of the development of the working of the curriculum for training students of engineering directions based on ontology.

#### Introduction

Currently, there is a growing interest from the industry in the field of engineering activities in general and to the field of computer-aided design in particular. In the latter in most industries there is an acute shortage of qualified specialists in the field of CAM (Computer-aided Manufacturing). The term Computer-aided manufacturing (CAM) is understood as a program, the technology used by programmers, to prepare control programs (NC) machine tools with numerical control (CNC).

#### Main Part

A review of existing approaches to learning efficiency. Disclosed is a question of methodology for assessing the effectiveness of CAM-teaching with an explanation of all the features of the development of training programs CAM-treatment of students of engineering profile. We describe the practical results in the evaluation of the effectiveness of student learning aviation college.

#### Conclusion

The proposed approach in this study to assess the effectiveness of the learning process of students CAM-processing engineering profile based on its own developed guidelines During the development of methods of teaching CAM-processing was developed metric complexity of the CAM-processing, as well as a systematic approach to it.