

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

В І С Н И К

**Східноукраїнського
національного університету
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

**№ 12 (130)
Частина 2
2008**

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

Луганськ 2008

ВІСНИК

СХІДНОУКРАЇНСЬКОГО
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

№ 12 (130) 2008

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ
ЗАСНОВАНО У 1996 РОЦІ
ВИХІД З ДРУКУ - ДВНАДЦЯТЬ
РАЗІВ НА РІК

Засновник
Східноукраїнський національний
університет імені Володимира Даля

Журнал зареєстровано
Міністерством України у справах преси
та інформації

Свідоцтво про державну реєстрацію
серія КВ № 2411 від 19.12.96 р.

VISNIK

OF THE VOLODYMYR DAL EAST
UKRAINIAN NATIONAL UNIVERSITY

№ 12 (130) 2008

THE SCIENTIFIC JOURNAL
WAS FOUNDED IN 1996
IT IS ISSUED TWELVE TIMES A YEAR

Founder
of the Volodymyr Dal East Ukrainian
National University

Registered by the Ministry of Ukraine
For Press and Information

Registration Certificate
KB № 2411 dated 19.12.96

Журнал включено до Переліків наукових видань ВАК України № 2 (Бюл. ВАК № 5 (13) 1999 р.), № 3 (Бюл. ВАК № 6 (14) 1999 р.) та № 4 (Бюл. ВАК № 2 (16) 2000 р.), в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук з *технічних, історичних та економічних наук* відповідно.

ISSN 1998-7927

Головна редакційна колегія: Голубенко О.Л., член-кор. Академії педагогічних наук, докт. техн. наук (головний редактор), Осенін Ю.І., докт. техн. наук (заступник головного редактора), Смирний М.Ф., докт. техн. наук (заступник головного редактора), Арлінський Ю.М., докт. фіз.-мат. наук, Будиков Л.Я., докт. техн. наук, Бузько І.Р., докт. екон. наук, Голубничий П.І., докт. фіз.-мат. наук, Гончаров В.М., докт. екон. наук, Грібанов В.М., докт. техн. наук, Довжук І.В., докт. іст. наук, Дорошко В.І., докт. техн. наук, Житна І.П., докт. екон. наук, Касьянов М.А. докт. техн. наук, Козаченко Г.В., докт. екон. наук, Куликов Ю.А., докт. техн. наук, Лазор Л.І., докт. юр. наук, Литвиненко В.Ф., докт. істор. наук, Максимов В.В., докт. екон. наук, Михайлюк В.П., докт. іст. наук, Нагорний Б.Г., докт. соціол. наук, Носко П.Л., докт. техн. наук, Петров О.С., докт. техн. наук, Рач В.А., докт. техн. наук, Рей Р.І., докт. техн. наук, Суханцева В.К., докт. філос. наук, Третьяченко В.В., докт. психол. наук, Тюпало М.Ф., докт. хім. наук, Ульшин В.О., докт. техн. наук, Шевченко Г.П., член-кор. Академії педагогічних наук України, докт. пед. наук.

Відповідальний за випуск: Пожидаєв В.Ф.

Рекомендовано до друку Вченою радою Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (Протокол № 10 від 27 червня 2008 р.)

Матеріали номера друкуються мовою оригіналу.

© Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, 2008
© of the Volodymyr Dal East Ukrainian National University, 2008

ЗМІСТ

Технические науки

Васяева Т.А., Скобцов Ю.А. Гоменюк С.И., Киричевский Р.В., Донченко В.Ю. Іє О.М.	Извлечение знаний на основе генетических алгоритмов и генетического программирования Моделирование препроцессора системы «Мирела+» Великі відхилення у задачі розрізнення процесів нормальної авторегресії: випадок близьких гіпотез	5 11 18
Каминская М.А., Кулак Э.Н.	Использование анализа тестопригодности для повышения качества теста и производительности встроенных средств самотестирования	24
Козак І.А.	Використання онтологій при проектуванні інформаційних систем	36
Козуб Г.А., Толок В.А. Andrey I. Kondrat'yev Мазурок Т.Л.	Температурные поля диссипативного разогрева многослойных конструкций Calculation of Static Stresses and Strains in High Pressure Sensor Автоматизація конфігурування процесів навчання на основі компонентної технології	43 50 55
Маслянюк П.П., Ліссов П.М.	Дослідження та розробка підсистеми автоматизації проектування інформаційних ресурсів організаційних систем	62
Маслянюк П.П., Майстренко О.С.	Дослідження та розробка бізнес-профіля для реалізації проектів інформатизації Організаційних Систем	70
Маслянюк П.П., Стокос К.В. Меняйленко А.С., Романов В.А., Крыжановский А.И., Тихонов Ю.Л., Скачко В.В., Хмель А.В.	Системне проектування та реалізація порталів із сервіс-орієнтованою архітектурою Интерфейс для фрагмента виртуальной лаборатории автоматизированного проектирования техпроцесса дистанционного обучения	76 83
Моамар Д.Н., Уткина Т.Ю., Шувалова Л.А.	Метод верификации структурно-функциональных моделей конечных автоматов	88
Могильный Г. А., Киреев И. Ю.	Определение траектории укладки армирующего материала (АМ) при изготовлении несущих поверхностей (НП) летательных аппаратов (ЛА) методом непрерывной намотки композиционным материалом (КМ)	95
Могильный Г. А., Тихонов В.Л. .	Особенности усовершенствования системы управления для намоточных станков чпу, использующих привод с шаговым двигателем	104
Денисюк В.А., Нікітченко Т.П., Нікітченко Н.П.	Основні етапи графічного конвеєру	110
<hr/>		
ВІСНИК СХІДНОУКРАЇНСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ імені Володимира Даля №12(130) 2008 Ч.2		3

Олейник Н.В.	Техногенные месторождения железа в донбассе	114
Петров А. В.	Модифицированный генетический алгоритм для оптимизации распределенных хранилищ данных	119
Сквирский В.Д.	Развитие модели процесса разрушения режущего инструмента как динамической системы с ограниченными ресурсами	130
Скрильник І.І.	Застосування теоретико-графових моделей до розв'язування задачі вибору інвестиційного проекту в умовах невизначеності	136
Хмельёва А.В., Хмельёв А.Г., Смекалин Е.С.	Моделирование процессов управления запасами на предприятиях пищевой промышленности	141
Хмелевой С.В., Скобцов Ю.А., Фонотов А.М.	Инструментальные средства для создания базы знаний на основе нечетких продукций, настраиваемых с помощью генетических алгоритмов	146
Могильный Г.А., Шкандыбин Ю.А.	Сравнительная оценка производительности баз данных	152
Гончарук О. П., Денисюк В. О.	Алгоритм відображення водної поверхні	157
Короп Г. В.	Оптимізація маневрової роботи на промисловому транспорті	161
Романюк О.Н.	Метод прискореного зафарбовування тривимірних поверхонь з урахуванням їх локальної кривизни	166

Экономические науки

Андросов В.И., Данич В.Н.	Роль информационно-управленческих архитектур в обеспечении экономической безопасности предприятий	173
Бизянов Е.Е., Подгорная Н.А.	Прогнозирование спроса в моделях управления запасами	178
Дьячкова В.В.	Концепция моделирования процесса обеспечения экономической безопасности на металлургическом предприятии	185
Ксенофонтова К.Ю.	Критерій вибору структури при ієрархічній інтеграції каналів реалізації у м'ясопродуктовому виробництві.	191
Ксенофонтова К.Ю.	Модельовання процесів у структурах с вертикальною та горизонтальною інтеграцією у м'ясопродуктовому виробництві	196
Лахно В.А., Ширяев Д.А.	Математичне моделювання параметрів зернової маси, що зберігається, маси для автоматизованих систем управління елеваторами	202
Олійник В.М.	Оптимізація процесу споживання продукту фінансовими посередниками	207
Целиковська А.О., Бізянов Є.Є.	Модель оцінки ризику інвестиційних проектів з використанням нечітких множин	213
Мардар Д.О.	Модельовання економічної активності підприємства в системі інвестиційної стратегії	218

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 004.048:004.622

Васяева Т.А., Скобцов Ю.А.

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЗНАНИЙ НА ОСНОВЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ И ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Рассмотрены этапы разработки медицинских экспертных систем. Предложен и реализован метод определения информативной информации из состава факторов риска на основе нейронных сетей и генетических алгоритмов. Разработана архитектура нейронной сети, подобраны генетические операторы, разработана фитнес-функция. Разработан аппарат генетического программирования для прогнозирования СВСГР. Проведены исследования и приведены результаты использования методов на реальных медицинских данных.

Введение. Современным направлением диагностики и прогнозирования являются методы, основанные на извлечении знаний. Формирование знаний очень важный этап, который в значительной степени определяет качество получаемой системы принятия решений. Как правило, основную ценность представляет собой явная формализация правил вывода, но иногда достаточно компьютерной системы – метод черного ящика – как инструмента предсказания.

Один из подходов формирования знаний заключается в разработке программ, способных обучаться под руководством эксперта-учителя. Так учитель предъявляет программе примеры реализации некоторого концепта, а задача программы состоит в том, чтобы извлечь из предъявленных примеров набор атрибутов и значений, определяющих этот концепт.

Естественно, наиболее впечатляющим примером обучаемой системы является организм человека или животного, который эволюционировал вместе с окружающим миром. Этот подход к обучению, основанный на адаптации, отражен в генетических алгоритмах и генетическом программировании.

Целью работы является разработка метода прогнозирования с явной формализацией правил вывода на примере синдрома внезапной смерти грудных детей (СВСГД).

Задачи диагностики, прогнозирования и принятия решений в медицине – это комплексный процесс, который охватывает шаги, начиная от получения и представления данных до оценки качества полученных решений. В целом весь процесс можно разделить на следующие этапы:

- отбор данных;
- предобработка данных;
- редукция данных;
- поиск закономерностей;
- оценка и интерпретация найденных закономерностей;
- использование полученных знаний для поставленной задачи.

Подготовка данных. Отбор данных выполняется врачом. Для решаемой задачи использовались реальные данные полученные при обследовании 120 детей, которые умерли в Донецкой области от СВСГД, и контрольная группа из

120 живых детей на первом году жизни, подобранных по принципу копий-пар в соответствии с возрастом, полом, годом и месяцем рождения, а также географическим распределением в рамках города. Собрана максимально полная информация о возможных параметрах, которые в той или иной степени могут влиять на СВСГД. К возможным факторам риска выделили следующую информацию:

- информация о матери: место жительства – город или село; вредные условия труда; образование; состоит ли в браке; бытовые условия и количество м² на человека; рост и вес; возраст на момент первой беременности; чем закончилась первая беременность; возраст на момент первых месячных; регулярность, болезненность, длительность и интервал месячных; возраст на момент беременности; номер беременности; роды по счету; чем закончились предыдущая беременность; количество аборт, самоаборт, мертворождений; плодность текущей беременности; курение, алкоголь, наркотики в течении беременности; перенесенные заболевания; способы контрацепции; TORCH – инфекции; патология беременности; гинекологические заболевания; группа крови и резус фактор.
- информация об отце: возраст; курение; алкоголь; наркотики.
- информация о ребенке: пол, кормили грудью, искусственное питание или смешанное; вес; рост; количество баллов по шкале Апгар; срок гестации; врожденные пороки; сразу после родов находился: в палате интенсивной терапии, в палате, с мамой.

Разработка формы представления обучающих данных - очень важный этап, который в значительной степени определяет качество получаемой экспертной системы. Экспертная система оперирует с информацией, представленной только в виде чисел. Числа подаются на входы экспертной системы и ответы, снимаемые с выходов, также представляют собой числа. А информация, на основании которой, система должна давать ответ, имеет самый разнообразный вид: термины, описывающие какие-либо заболевания, числа различного вида и величины и т.д. Поэтому возникает необходимость корректного представления этой информации в виде чисел, сохраняющих смысл и внутренние взаимосвязи в данных.

Существует огромное количество способов представления информации для различных целей. В нашей задаче использовалось кодирование в булевы переменные для поиска закономерностей и кодирование в числовые переменные для редукции данных.

Анализ всех факторов риска вызывает существенные затруднения при построении правил вывода.

В этом случае, как и в других медицинских задачах, результат прогнозирования зависит от большого количества неодинаковых по значимости факторов, которые к тому же могут быть взаимосвязаны. А это означает, что использование традиционных статистических методов может не привести к желаемому результату, что и привело к необходимости в применении методов искусственного интеллекта.

Рассмотрен метод, который позволяет выявить значимые входные параметры, с помощью нейронных сетей (НС) [1,2] и генетических алгоритмов (ГА) [2].

Для выделения полезных входных переменных с помощью НС нужно перебрать различные варианты их комбинаций. Такая стратегия может эффективно реализована с помощью ГА, которые являются эффективным инструментом поиска решений в комбинаторных задачах. Схема работы ГА: каждый возможный вариант набора входных переменных можно представить в виде битовой маски. Ноль в соответствующей позиции означает, что данная входная пере-

менная не включена во входной набор, единица – что включена. Таким образом, маска представляет собой строку битов – по одному на каждую возможную входную переменную – и ГА оптимизирует такую битовую структуру. Алгоритм следит за некоторым набором таких строк, оценивая каждую из них по контрольной ошибке (ошибка обучения). По значениям ошибки производится отбор лучших вариантов масок, которые комбинируются друг с другом с помощью искусственных генетических операций: скрещивания и мутации.

Рассмотренный подход реализован в среде программирования C++ Builder 6. Реализованы следующие возможности: можно построить и обучить (НС) типа многослойный персептрон, произвести отбор входных параметров с помощью (ГА). Архитектура сети определяется количеством слоев, количеством нейронов на каждом слое и активационной функцией для каждого слоя. Предусмотрена возможность использования пре- и пост-процессинга входных данных. Входные и выходные данные можно загрузить из файла Microsoft Excel.

ГА используют архитектуру подобранной НС и пытаются ее обучить используя различные комбинации набора входных переменных. При этом предусмотрены следующие возможности: в качестве метода селекции можно выбирать колесо рулетки или турнир; в качестве метода редукции предусмотрена элитарная стратегия, полная замена, частичная замена популяции; можно задавать вероятность операций мутации и скрещивания. В качестве критерия останова можно использовать определенное количество итераций или указать количество повторений результата. Предложена следующая функция приспособленности:

$$F = \left(\frac{X_i}{X_n} \right) * W_1 + \left(\frac{E_i - E_n}{E_n} \right) * W_2 \quad (1)$$

где X_i – количество единиц для i – ой хромосомы, X_n – максимальное количество единиц, E_i – ошибка обучения для i – ой хромосомы, E_n – ошибка обучения при использовании максимального количества факторов, W_1 и W_2 – мера влияния на фитнес-функцию.

Меру влияния каждого слагаемого можно корректировать вручную. Диапазон допустимых значений - $W_1, W_2 \in (0, 1)$, и должно выполняться условие: $W_1 + W_2 = 1$.

При тестировании на реальных медицинских данных получили следующие результаты.

1. После кодирования в числовые переменные получили 99 входных параметров.

2. Разработана архитектура НС для прогнозирования СВСГР. Сеть состоит из 4 слоев: первый слой - входной, второй и третий - скрытые (3 и 2 нейрона в слое, функции активации - гиперболический тангенс), на выходе один нейрон с линейной функцией активации. Данная НС позволяет прогнозировать с точностью – 0,000017.

3. Результаты экспериментов по выбору значимых входных параметров представлены в таблице 1. Для дальнейшей работы выберем набор в котором присутствуют 46 параметра. Таким образом сократив входной набор практически в два раза.

Экспериментальные данные выбора значимых параметров.

Желаемое количество факторов, %	Полученное количество факторов, кол-во	Ошибка обучения на обучающей выборке	Ошибка обучения на проверочной выборке
5	10	0,000160618	0,013999935
10	17	5,89474E-05	0,026213435
15	14	0,000131231	0,034513446
20	25	8,17713E-05	0,035583217
25	21	0,000190826	0,064815923
30	31	5,69013E-05	0,028689748
35	20	4,25809E-05	0,027207667
40	45	2,92203E-05	0,034853067
45	46	7,62789E-05	0,020447494
50	57	2,90347E-05	0,025383944
55	53	5,26328E-05	0,054565834
60	55	4,7459E-05	0,044801069
65	65	5,3988E-05	0,032565723
70	66	2,4346E-05	0,022935656
75	74	2,68332E-05	0,021806996
80	77	2,87431E-05	0,019708662
85	87	5,41327E-05	0,021343562
90	88	3,26543E-05	0,022770304
95	95	6,03378E-05	0,016873855
100	98	1,70007E-05	0,017169321

Решение задачи на основе ГП реализуется следующей последовательностью действий.

1. Установка параметров эволюции;
2. Инициализация начальной популяции;
3. $T:=0$;
4. Оценка особей, входящих в популяцию;
5. $T:=T+1$;
6. Отбор родителей;
7. Создание потомков выбранных пар родителей – выполнение оператор кроссинговера;
8. Мутация новых особей;
9. Расширение популяции новыми порожденными особями;
10. Сокращение расширенной популяции до исходного размера;
11. Если критерий останова алгоритма выполнен, то выбор лучшей особи в конечной популяции – результат работы алгоритма. Иначе переход на шаг 4.

Для решения задачи с помощью ГП необходимо выполнить предварительные этапы:

- определить терминальное множество;
- определить функциональное множество;
- определить фитнес-функцию;
- определить значения параметров, такие как мощность популяции, максимальный размер особи, вероятности кроссинговера и мутации, способ отбора родителей, критерий окончания эволюции и т.п.

После этого можно разрабатывать непосредственно сам эволюционный алгоритм, реализующий ГП для конкретной задачи.

Разработка метода. Каждое потенциальное решение в нашем случае представляется деревом, состоящим из функций, которые являются внутренними узлами деревьев, и терминалов, которые формируют листья деревьев. Положительный ответ на выходе соответствует высокой степени риска СВСР, а отрицательный – соответственно низкой.

Основная идея данного метода заключается в методе кодирования особи для генетического программирования. Каждая особь представляет собой дерево, которое соответствует синтаксическому выражению, представляющее множество правил в дизъюнктивной нормальной форме.

На рисунке 1 представлен пример дерева в дизъюнктивной нормальной форме. Дерево представлено двумя правилами. Данное представление особи значительно упрощает интерпретацию результата. В рассмотренном примере расшифровка будет следующей:

ЕСЛИ правило 1 ИЛИ правило 2 ТО результат 1, ИНАЧЕ результат 2.

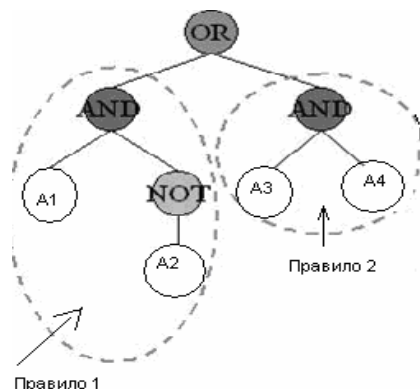


Рис. 1. Пример дерева в дизъюнктивной нормальной форме

Определим терминальное множество.

Данные должны быть предварительно обработаны, основное назначение предобработки преобразовать входное обучающее множество в булевы переменные. Для этого исходные данные преобразуем следующим образом:

- место жительства (город – 1, село – 0)
- возраст матери на момент родов (полных лет) ≤ 17
- возраст матери на момент родов (полных лет) ≤ 25
- возраст матери на момент родов (полных лет) ≤ 30
- возраст матери на момент родов (полных лет) > 31
- место работы матери, профвредность (да – 0, нет – 1)
- и др.

Наличие каждого фактора принято за единицу, отсутствие за ноль.

Терминальное множество в данном случае составляют перечисленные выше параметры, которые после предобработки представляют собой булевы переменные.

Функциональное множество состоит из логических операций: AND, OR, NOT.

В качестве фитнес-функции рассматривается доля пациентов с правильно поставленным диагнозом. Переменная диагноза принимает булевы зна-

чения 0 или 1. Единица соответствует положительному диагнозу (высокой степени риска СВСГР) и ноль отрицательному (низкой степени риска СВСГР).

Реализация и апробация метода. Для реализации поставленной задачи написана программа в среде C++ Builder 6, которая выполняет рассмотренный алгоритм.

Генерация начальной популяции. На данном этапе происходит генерация начальной популяции, в соответствии с заданными параметрами. Популяция состоит из набора деревьев, сгенерированных случайным образом. Генерация каждого дерева происходит рекурсивно, начиная с генерации первым функционального узла ИЛИ и его аргументов. В качестве аргументов на первом шаге может быть только узел ИЛИ. Далее для каждого дочернего узла случайным образом определяется тип и значения его аргументов по следующим принципам:

- после узла ИЛИ может быть только функциональный узел (значениями которого могут быть – ИЛИ или И);
- после узла И может быть функциональный узел (значениями которого могут быть – И или НЕ) или терминальные узлы;
- после узла НЕ может быть только терминальный узел.

Процесс выполняется по левой ветви до тех пор, пока не будет выбран дочерним терминальный узел. Затем генерируются правые ветви.

Вероятность функционального и терминального узлов меняется по следующему принципу: чем ниже вершина, тем больше вероятность терминального узла и меньше функционального. Для функционального узла на каждом последующем шаге увеличивается вероятность узла И и уменьшается вероятность узла ИЛИ.

При формировании дерева в одной ветви ИЛИ (т.е. для одного правила) не используется один и тот же терминальный символ более одного раза.

Предусмотрены методы создания деревьев: полный, растущий и комбинированный.

Применение генетических операций:

Отбор родителей. Предложено использовать отбор пропорционально значению целевой функции реализованный методом рулетки или турниром. При этом если два или более потомка имеют одинаковую фитнес-функцию, то выбирается дерево минимальной сложности.

Кроссинговер. Для древообразной формы представления используются следующие три основных оператора кроссинговера:

- узловой кроссинговер;
- кроссинговер поддеревьев;
- смешанный.

Учитывая строго определенное представление дерева необходимо модифицировать операторы кроссинговера. Модификация заключается в выполнении оператора кроссинговера для худшего правила и в поиске оптимальной точки разрыва.

Мутация. Для деревьев используются следующие операторы мутации:

- узловая;
- усекающая;
- растущая.

Как и в случае с оператором кроссинговера оператор мутации должен быть модифицирован. Модификация заключается в определении вероятности мутации в соответствии с ошибкой обучения.

Редукция. Предлагается использовать элитную стратегию.

Критерий останова. В качестве критерия останова можно выбирать указание определенного числа итераций или указание определенного числа повторения лучшего результата.

Выводы. При тестировании на реальных медицинских данных получили 95,71% правильно распознанных диагнозов. Таким образом, результат можно считать положительным. Разработанный аппарат ГП создан и протестирован на примере прогнозирования СВСГР, но может быть использован и при решении других задач медицинской диагностики и прогнозирования.

Л и т е р а т у р а

1. Саймон Хайкин Нейронные сети: полный курс, 2-е издание. : Пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.
2. Рутковская Д., Пилинский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер. с польск. И.Д. Рудинского. - М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 452 с. : ил.
3. W. Banzhaf et all. Genetic Programming – an Introduction. – Morgan Kaufman, Heidelberg:San-Francisco, 1998.
4. Skobtsov Y.A., Vasyaeva T.A. Diagnosis of SIDS using Genetic Programming. Advanced Computer Systems and Networks: Design and Application. Proceedings of 3-st International Conference ACSN-2007. 20-22 September, 2007, Lviv, Ukraine 92-93c

УДК 004.942

Гоменюк С.И., Киричевский Р.В., Донченко В.Ю.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЕПРОЦЕССОРА СИСТЕМЫ «МИРЕЛА+»

В статье рассматривается разработка структуры интегрированной системы автоматизированного анализа напряженно-деформированного состояния и синтеза сложных конструкций на основе объединения геометрического, конечно-элементного моделирования и учета специфических особенностей проектируемых изделий.

Методы и программы для численного решения задач механики деформированного твердого тела развиваются на протяжении многих десятилетий. Развитие компьютерных технологий сделало вычислительный эксперимент мощным и эффективным способом решения проблем прикладной математики. Появление новых математических моделей и вычислительных методов, увеличение объема и сложности современных вычислительных задач, делают необходимым создание новых средств автоматизации построения компьютерных моделей и подготовки исходных расчётных данных.

Использование современной вычислительной техники для решения задач математического моделирования делает необходимым разработку и внедрение комплексного подхода к их решению. Программные средства, разрабатываемые для этой цели, должны обеспечивать поддержку различных видов вычислительной работы таких, как построение геометрической модели области решения задачи, генерацию расчетной сетки, составление системы сеточных уравнений для принятой математической модели, выполнение расчёта и обработку полученных данных. К программным средствам автоматизации научных исследований предъявляются требования робастности и устойчивости при из-

менении входных параметров математических моделей в широком диапазоне значений, а также при переходе от геометрически простых расчетных областей к сложным, многосвязным, разномасштабным областям.

Математические модели механических процессов обычно описываются дифференциальными, интегральными уравнениями или в виде вариационных принципов. Для решения прикладных задач в соответствующих постановках используются, в основном, численные методы, из которых наибольшее распространение получил метод конечных элементов (МКЭ).

Метод конечных элементов является мощным и надежным средством исследования поведения конструкций в условиях разнообразных воздействий. Средства метода конечных элементов позволяют проводить расчеты статического и динамического напряженно-деформированного состояния конструкций (в том числе геометрически и физически нелинейных задач механики деформируемого твердого тела), форм и частот колебаний, анализа устойчивости конструкций, нелинейных переходных процессов и др.

В решении общей вычислительной задачи с использованием МКЭ можно выделить три этапа: предобработку, расчёт и постобработку. Первый этап состоит в задании геометрии расчётной области и определении начальных и граничных условий. Далее производится построение расчётной сетки для заданной геометрии.

Выбор типа сетки определяется характером решаемой задачи, геометрией области и требуемым объемом вычислений. Следующий этап – собственно расчёт, результатом которого являются некоторые распределения физических величин по элементам сетки. Заключительный этап предполагает постобработку результатов расчёта, нахождение физических и вспомогательных геометрических характеристик, а также их визуализацию.

Первый и третий этапы являются вспомогательными по отношению к основной задаче решения уравнений механики деформированного твёрдого тела. Однако, одним из важнейших элементов численного расчета напряженно-деформированного состояния (НДС) деформируемого тела является построение адекватной геометрической модели исследуемой области в конструкциях сложной формы. От точности построенной геометрической модели во многом будет зависеть качество полученного численного результата. Поэтому, вопросы подготовки и анализа геометрических данных настолько усложняются, что превращаются в самостоятельные проблемы, для эффективного решения которых требуются специальные средства автоматизации. Разработка таких средств является одной из проблем.

Вопросы геометрического моделирования и вычислительной топологии являются во многих случаях определяющими для систем автоматического проектирования (САПР), гео-информатики и всевозможных графических пользовательских интерфейсов (ГПИ), а их методология и аспекты программных реализаций стали предметами самостоятельного изучения [1,2].

В связи с этим возникают следующие актуальные задачи:

1. Разработка общего метода описания расчетных моделей сложных и сверхсложных механических систем, которые естественным образом учитывают количественные, качественные, структурные характеристики исследуемых объектов.

2. Разработка структуры «МІРЕЛА+» - интегрированной системы автоматизированного анализа напряженно-деформированного состояния и синтеза сложных конструкций на основе объединения геометрического, конечно-элементного моделирования и учета специфических особенностей проектируемых изделий.

3. Реализация предложенного подхода при решении конкретных прикладных задач.

Возможность задания реальной геометрии механических объектов – важнейшее требование к прикладному программному обеспечению.

Геометрическая информация формируется путем создания геометрических моделей, которые могут быть как двумерными, так и трехмерными. Трехмерные модели подразделяются на:

- каркасные или «проволочные» модели;
- поверхностные модели;
- объемные твердотельные модели или модели сплошных тел.

Анализ типов трехмерных геометрических моделей показывает, что модели поверхностей могут с успехом сочетаться с остальными типами геометрических моделей, как каркасными, так и объемными твердотельными, а иногда являются обязательными (авиация, судостроение, автомобилестроение). Поэтому способы генерации и модифицирования поверхностей чрезвычайно важны в процессе геометрического моделирования. При всем многообразии методов построения и модификации поверхностей, а именно: методы аналитических представлений, метод каркасов или плазовый метод (Осипов В.А.), параметрическое представление поверхностей (методы Кунса и Безье), методы сплайновой геометрии (Василенко В.А., Вермель В.Д., Завьялов ЮС, Корнишин М.С., Стечкин СБ., Субботин Ю.Н., Якунин В.И.), B-сплайны и их дальнейшее развитие - NURBS (Non-Uniform Rational B-Splines) аппроксимация.

Применяют следующие подходы к построению геометрических моделей:

1. Задание граничных элементов – граней, ребер, вершин.
2. Кинематический метод, согласно которому задают двумерный контур и траекторию его перемещения; след от перемещения контура принимают в качестве поверхности детали.
3. Позиционный подход, в соответствии с которым рассматриваемое пространство разбивают на ячейки (позиции) и деталь задают указанием ячеек, принадлежащих детали; данный метод является очень громоздким и используется редко.
4. Метод конструктивной геометрии – представление сложной детали в виде совокупностей базовых элементов формы и выполняемых над ними теоретико-множественных операций.

В памяти ЭВМ рассмотренные модели обычно хранятся в векторной форме, т.е. в виде координат совокупности точек, задающих элементы модели. Операции конструирования также выполняются над моделями в векторной форме. Наиболее компактна модель в виде совокупности связанных базовых элементов формы, которая преимущественно и используется для хранения и обработки информации об изделиях в системах конструктивной геометрии.

Одним из распространенных методов описания пространственных тел, задаваемых с помощью параметрических кривых и поверхностей, является метод, основанный на граничном представлении. Граничное представление удобно применять для подготовки данных при решении задач механики деформированного твердого тела, т.к. сами границы в этом случае определяются функционально. Выбор вида параметрического представления производится из соображений универсальности. В качестве такого рода геометрических примитивов удобно использовать NURBS кривые и поверхности, позволяющие описывать объекты, как с криволинейными, так и с прямолинейными границами. NURBS широко применяются для задания кривых и поверхностей во многих современных CAD системах.

При задании геометрии также определяются граничные условия, каждое из которых сопоставляется определенной геометрической сущности. В частности, в двумерном случае условия ставятся в соответствие контурным кривым, а в трехмерном – граничным поверхностям. Сами граничные условия имеют произвольную структуру, что весьма удобно при решении различного рода задач.

В статье предлагается следующая структура «МІРЕЛА+» - системы автоматизированного генерирования геометрической и конечно-элементной модели исследуемых пространственных объектов (рис. 1).

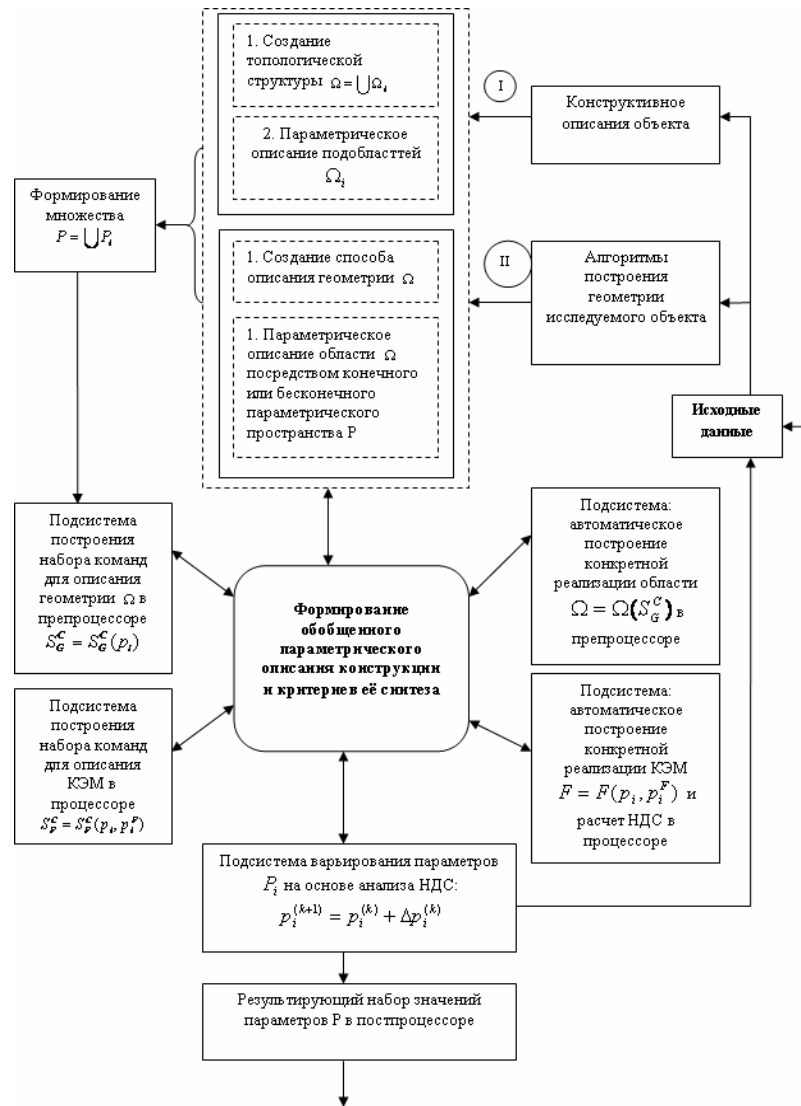


Рис.1. Структура «МІРЕЛА+» - системы автоматизированного генерирования моделей исследуемых объектов

На основе полученных данных относительно объекта исследований, которые могут содержать конструктивные параметры и требования, может быть

определено, к какому из указанных типов задач она принадлежит. В зависимости от ситуации или переходим непосредственно от существующего конструктивного описания объекта к созданию топологической структуры подобластей и их параметрического описания (I), или к определению алгоритма построения геометрии объекта исследований, а на его основе – к определению способа задания геометрии (II).

Независимо от типа задачи должны быть сформированные наборы параметров $\{p = p_i\}$, которые будут содержать геометрические, физические и технологические свойства объектов из эластомерных материалов. Они могут быть общими для разных элементов конструкции. Следующим шагом является построение геометрической модели Ω , который предполагает построение системы команд S_G^C . В рамках предложенного подхода система команд может определяться теми же параметрами, которые используются для описания всей конструкции, или производными от них $S_G^C = S_G^C(p_i)$.

В этом случае становится возможной автоматизация построения каждой реализации геометрии по указанным параметрам $p_i \Omega = \Omega(S_G^C)$.

На основе созданной геометрической модели в процессоре строится КЭМ, связанная с ней непосредственно. Влияние геометрических параметров может быть непосредственно внесено в систему команд описания конечно-элементной модели. В соединении с параметрами конечно-элементной модели p_i^F имеем следующее определение построения конечно-элементной сетки с помощью команд, которые сгенерированы автоматически:
 $S_F^C = S_F^C(p_i, p_i^F) \rightarrow F = F(p_i, p_i^F)$

Таким образом, на основе метода обобщенного параметрического описания напряженно-деформированного состояния элементов механических систем разработана технология построения автоматизированной системы параметрического описания геометрической и конечно-элементной моделей, которая позволяет проводить анализ НДС исследуемых объектов при разных наборах параметров.

К преимуществам предложенного метода принадлежат:

- автоматизация всего цикла многовариантных исследований, в том числе этапа описания геометрии;
- возможность предусматривать удобное параметрическое описание не только геометрии, но и конечно-элементной модели;
- универсальность, т.е. возможность применения для областей разнообразной формы, задач разных типов с разными граничными условиями и разными видами физических процессов.

Таким образом, удается органически соединить этапы описания геометрии и конечно-элементной модели при решении общей задачи оптимального синтеза конструкций на основе единого параметрического описания, что позволяет избавиться от основных трудностей при исследовании НДС эластомерных конструкций.

Конечно, полноценное геометрическое приложение всегда строится вокруг ядра геометрического моделирования, с помощью которого можно создавать геометрические формы «с нуля». Такое ядро реализует базовые типы и операции, необходимые любому разработчику САПР, моделирует геометрию и топологию объемных моделей на основе граничного представления (BRep), реализует операции по созданию и модификации трехмерных форм, включает модули для триангуляции сложной поверхности, удаления невидимых линий и

рендеринга, а также поддерживают чтение и запись геометрических файлов популярных форматов.

Open CASCADE - это библиотека для геометрического моделирования, полученная на базе C++. Она представляет собой набор функций и объектов для разработки специализированных научно-технических и профессиональных приложений в таких областях, как САПР.

Open CASCADE содержит шесть модулей.

Модуль Foundation Classes предоставляет базовые классы библиотеки CASCADE и математические средства для работы с ними.

Модуль Modeling Data предоставляет описание классов геометрических объектов, а также математические методы для работы с ними. Так, в Modeling Data находятся классы, дающие возможность:

- создавать 2D-геометрические объекты (линии, окружности, кривые);
- создавать 3D-геометрические объекты (поверхности, конусы, цилиндры и т.д.);
- использовать математические методы при создании и анализе геометрических объектов (методы аппроксимации и интерполяции кривых и поверхностей, анализ положения точки на геометрических объектах), основанные на методах описания сплайнами Безье и B-сплайнами;
- используя большое количество классов, управляющих топологией объектов, создавать составные геометрические объекты любой сложности.

В следующий модуль — Modeling Algorithms — вошли классы, с помощью которых можно управлять топологическими геометрическими образами и выполнять над ними операции.

Все алгоритмы используют современную технологию описания геометрических объектов BREP, широко применяемую в различных системах проектирования. Не создавая программ проектирования, пользователи Open CASCADE могут использовать модуль Modeling Algorithms для анализа данных, полученных в результате эксперимента. Для отображения полученных результатов можно воспользоваться модулем Visualization.

Модуль Visualization предназначен для отображения объектов Open CASCADE, построенных на базе классов Modeling Data, и предоставляет готовые алгоритмы для создания графического представления геометрических моделей.

В модуле Data Exchange расположены классы, позволяющие сохранять и читать информацию об объектах в таких форматах, как IGES и STEP.

Модуль Open CASCADE Application Framework использует архитектуру «документ-представление» и упрощает разработку приложения благодаря:

- использованию механизма управления данными как атрибутами моделируемого объекта;
- хранению атрибутов создаваемого объекта в виде иерархии, при этом информация о взаимном использовании сохраняется;
- поддержке механизмов многодокументного приложения;
- чтению и использованию моделей, созданных в других CAD-системах;
- использованию механизма сохранения и восстановления данных, в том числе и при использовании связей с другими документами;
- использованию функции Undo-Redo.

Система «МІРЕЛА+» предназначена для автоматизации проектирования сложных инженерных конструкций из эластомерных материалов и анализа напряженно–деформированного состояния. Система «МІРЕЛА+» состоит из трех подсистем: подсистемы подготовки начальных данных (препроцессора), подсистемы численного расчета (процессора) и подсистемы анализа полученных численных результатов (постпроцессора).

Общая схема проектирования с использованием системы «МІРЕЛА+» приведена на рис. 2.

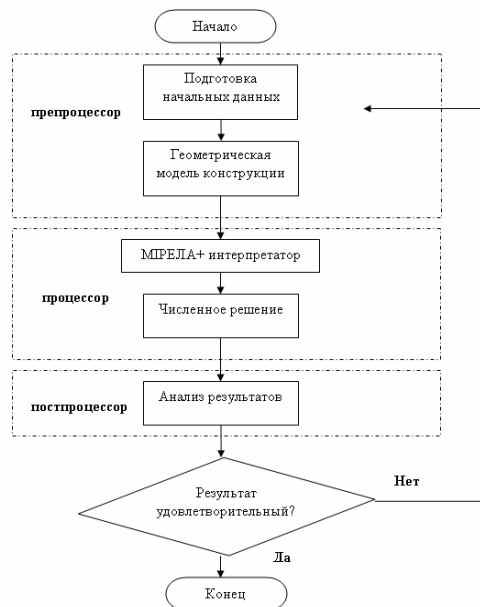


Рис.2. Общая схема анализа с использованием «МІРЕЛА+»

При создании первой версии системы для формирования пользовательского интерфейса будет использована среда MS Visual C++ v.8, инструментарий системы и математический аппарат реализованный в среде Digital Fortran v.5 (базовый стандарт языка Fortran 90). При создании средств отображения и визуализации использован графический интерфейс OpenGL

В статье на основе единого обобщенного параметрического подхода реализована новая технология генерации конечно-элементных моделей эластомерных конструкций. Принципиальное отличие данной системы от подобных систем состоит в том, что она является специализированной интегрированной средой, реализующей качественно новый параметрический метод и математические модели для рационального проектирования сложных пространственных эластомерных конструкций на основе исследования их НДС.

Л и т е р а т у р а

1. Препарата Ф., Шеймос. М. Вычислительная геометрия.-Введение, Мир, 1989.
2. Фокс А., Пратт М. Вычислительная геометрия.-М., Мир, 1982.
3. Быков В.П. Методическое обеспечение САПР в машиностроении. - Л.: Машиностроение, 1992.

4. Дементьев Ю.В. САПР в автомобиле- и тракторостроении. - М.: Академия, 2004.
5. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования. - М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002.
6. Киричевский В.В., Дохняк Б.М., Козуб Ю.Г., Гоменюк С.И., Киричевский Р.В., Гребенюк С.Н.. Метод конечных элементов в вычислительном комплексе «МІРЕЛА+». – К.: Наук. Думка, 2005.
7. Гоменюк С.И. Объектно-ориентированные модели и методы анализа механических процессов. – Никополь: Никопольская коммунальная типография, 2004.
8. Толок В.А., Киричевский В.В., Гоменюк С.И., Гребенюк С.Н., Бувайло Д.П. Метод конечных элементов: теория, алгоритмы, реализация. – К.: Наук. думка, 2003.

УДК 519.21

Іє О.М.

ВЕЛИКІ ВІДХИЛЕННЯ У ЗАДАЧІ РОЗРІЗНЕННЯ ПРОЦЕСІВ НОРМАЛЬНОЇ АВТОРЕГРЕСІЇ: ВПАДОК БЛИЗЬКИХ ГІПОТЕЗ

Доведено граничні теореми для інтеграла Хелінгера в задачі розрізнення двох процесів нормальної авторегресії у випадку близьких гіпотез. На підставі цих теорем отримано теореми про великі ухилення для логарифма відповідного відношення правдоподібності. Доведена теорема про асимптотичну поведінку ймовірності помилок критерію Неймана-Пірсона.

Граничні теореми про великі ухилення грають важливу роль у прикладній статистиці, теорії інформації, теорії масового обслуговування, статистичній механіці і інших областях. Дана робота присвячена «грубим» теоремам про великі ухилення для логарифма відношення правдоподібності і їх застосуванню до дослідження асимптотичної поведінки показників якості критеріїв при розрізненні простих гіпотез для сімейств статистичних експериментів.

Нехай $\xi^n = (\xi_{n,1}, \xi_{n,2}, \dots, \xi_{n,n})$, $n \geq 2$ – вибірка в схемі серій спостережень процесу нормальної авторегресії вигляду

$$\xi_{n,i} = \theta_n \xi_{n,i-1} + w_{n,i}, \quad i = 1, 2, \dots, n,$$

де $\xi_{n,0} = 0$, $w_{n,1}, w_{n,2}, \dots$ – незалежні стандартні гаусові величини. Причому припускаємо, що θ_n не залежить від n і писатимемо $\theta_n = \theta$, а $\tilde{\theta}_n$ залежить від n таким чином, що $\Delta_n = \tilde{\theta}_n - \theta \rightarrow 0$ при $n \rightarrow \infty$. Позначимо через P_θ^n міру, яка задає розподіл вектора ξ^n . Розглянемо задачу перевірки двох простих гіпотез H^n і \tilde{H}^n по спостереженню ξ^n , які полягають в тому, що розподіл спостереження ξ^n задається мірами P_θ^n і $P_{\tilde{\theta}_n}^n$ відповідно, де $\theta \neq \tilde{\theta}_n$.

Логарифм щільності міри $P_{\tilde{\theta}_n}^n$ щодо міри P_θ^n має вигляд

$$\Lambda_n = (\tilde{\theta} - \theta) \sum_{i=1}^n \xi_{i-1} w_i - \frac{1}{2} (\tilde{\theta} - \theta)^2 \sum_{i=1}^n \xi_{i-1}^2.$$

Введемо інтеграл Хелінгера $H_n(\varepsilon)$ порядку $\varepsilon \in (-\infty, \infty)$ для мір P_θ^n і $P_{\tilde{\theta}_n}^n$, вважаючи

$$H_n(\varepsilon) = H(\varepsilon; P_{\tilde{\theta}}^n, P_{\theta}^n) = E_{\tilde{\theta}}^n e^{\varepsilon \Delta_n}.$$

В цьому випадку виконується наступна теорема про асимптотичну поведінку $H_n(\varepsilon)$ при $n \rightarrow \infty$.

Теорема 1.

1. Нехай $|\theta| < 1$, а $\tilde{\theta}_n$ залежить від n так, щоб $\Delta_n = \tilde{\theta}_n - \theta \rightarrow 0$ і $n\Delta_n^2 \rightarrow \infty$ при $n \rightarrow \infty$. Тоді для будь-якого $\varepsilon \in (-\infty, \infty)$ існує границя

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \psi_n^{-1} \ln H_n(\varepsilon) = \kappa(\varepsilon), \quad (1)$$

де $\psi_n = n\Delta_n^2$, $\kappa(\varepsilon) = -2^{-1} (1 - \theta^2)^{-1} \varepsilon (1 - \varepsilon)$.

2. Нехай $|\theta| = 1$. Тоді справедливі наступні два твердження.

а) Якщо $\theta = 1$ і $\tilde{\theta}_n > \theta$ або $\theta = -1$ і $\tilde{\theta}_n < \theta$, де $\tilde{\theta}_n$ залежить від n так, що $\Delta_n = \tilde{\theta}_n - \theta \rightarrow 0$ і $\psi_n = n|\Delta_n| \rightarrow \infty$ при $n \rightarrow \infty$, то для всіх $\varepsilon \in (-\infty, \infty)$ існує границя (1), де $\kappa(\varepsilon) = -2^{-1} (\sqrt{\varepsilon} + \varepsilon)$ при $\varepsilon \in [0, 1)$, $\kappa(1) = 0$ і $\kappa(\varepsilon) = \infty$ при $\varepsilon \notin [0, 1)$.

б) Якщо $\theta = 1$ і $\tilde{\theta}_n < \theta$ або $\theta = -1$ і $\tilde{\theta}_n > \theta$, де $\tilde{\theta}_n$ залежить від n також як і в пункті а), то для всіх $\varepsilon \in (-\infty, \infty)$ існує границя (1), де $\kappa(\varepsilon) = -2^{-1} (\sqrt{\varepsilon} - \varepsilon)$ при $\varepsilon \in [0, \infty)$ і $\kappa(\varepsilon) = \infty$ при $\varepsilon \in (-\infty, 0)$.

3. Нехай $|\theta| > 1$, а $\tilde{\theta}_n$ залежить від n так, що $\Delta_n = \tilde{\theta}_n - \theta \rightarrow 0$ і $\psi_n = \ln \theta^{2n} \Delta_n^2 \rightarrow \infty$ при $n \rightarrow \infty$. Тоді для будь-якого $\varepsilon \in (-\infty, \infty)$ існує границя (1), де $\kappa(\varepsilon) = -2^{-1}$ при $\varepsilon \in (0, 1)$, $\kappa(0) = \kappa(1) = 0$ і $\kappa(\varepsilon) = \infty$ при $\varepsilon \notin (0, 1)$.

Доказ. Випадок $|\theta| < 1$ доведено в роботі [1], теорема 3. Розглянемо $\theta = 1$. Оскільки виконується рівність $H_n(\varepsilon) = |A_n(\varepsilon)|^{-1/2}$, в якій $|A_n(\varepsilon)| = D_{n,n}$, де $D_{n,n}$ – мінор матриці $A_n(\varepsilon)$, то для будь-якого $\varepsilon \in (\varepsilon_-^{(n)}, \varepsilon_+^{(n)})$ отримуємо

$$\ln H_n(\varepsilon) = -\frac{n}{2} \ln \alpha - \frac{1}{2} \ln \frac{1 - \beta - (1 - \alpha)(\beta/\alpha)^n}{\alpha - \beta}, \quad (2)$$

де α і β – коріння рівняння $x^2 - cx + b^2 = 0$. Оскільки $\Delta_n \rightarrow 0$ при $n \rightarrow \infty$, то $\varepsilon_-^{(n)} \rightarrow 0$ і $\varepsilon_+^{(n)} \rightarrow 1$ при $n \rightarrow \infty$ для тих n , для яких $\Delta_n > 0$, і $\varepsilon_-^{(n)} \rightarrow 0$ і $\varepsilon_+^{(n)} \rightarrow \infty$ при $n \rightarrow \infty$ для тих n , для яких $\Delta_n < 0$. Після нескладних обчислень отримуємо, що для будь-якого фіксованого $\varepsilon \in [0, 1)$ у випадку $\Delta_n > 0$ і для будь-якого фіксованого $\varepsilon \in [0, \infty)$ у випадку $\Delta_n < 0$ при $n \rightarrow \infty$

$$\alpha = 1 + \varepsilon \Delta_n + \sqrt{\varepsilon} |\Delta_n| + \frac{1}{2} \varepsilon \Delta_n^2 + O(\Delta_n^3), \quad (3)$$

звідки витікає, що

$$\ln \alpha = (\varepsilon \Delta_n + \sqrt{\varepsilon} |\Delta_n|) (1 + O(\Delta_n)). \quad (4)$$

Аналогічно отримуємо, що для будь-якого фіксованого $\varepsilon \in [0, 1)$ у випадку $\Delta_n > 0$ і для будь-якого фіксованого $\varepsilon \in [0, \infty)$ у випадку $\Delta_n < 0$ при $n \rightarrow \infty$

$$\beta = 1 + \varepsilon \Delta_n - \sqrt{\varepsilon} |\Delta_n| + O(\Delta_n^2). \quad (5)$$

З (3) і (5) витікає, що для фіксованого $\varepsilon \in [0, 1)$ у випадку $\Delta_n > 0$ при $n \rightarrow \infty$

і для фіксованого $\varepsilon \in [0, \infty)$ у випадку $\Delta_n < 0$ при $n \rightarrow \infty$

$$\alpha - \beta = 2\sqrt{\varepsilon} |\Delta_n| + O(\Delta_n^2). \quad (6)$$

Об'єднуючи (3), (5) і (6), отримуємо для $\varepsilon \in [0, 1)$ у випадку $\Delta_n > 0$ при $n \rightarrow \infty$ і для $\varepsilon \in [0, \infty)$ у випадку $\Delta_n < 0$ при $n \rightarrow \infty$

$$\ln \frac{1 - \beta - (1 - \alpha)(\beta/\alpha)^n}{\alpha - \beta} = O(\Delta_n). \quad (7)$$

Тепер шукане співвідношення (1) витікає з рівностей (2), (4) і (7).

Випадок $\theta = -1$ доводиться аналогічно.

Нехай тепер $|\theta| > 1$. Оскільки $\Delta_n \rightarrow 0$ при $n \rightarrow \infty$, то $\varepsilon_-^{(n)} \rightarrow 0$, а $\varepsilon_+^{(n)} \rightarrow 1$ при $n \rightarrow \infty$. Легко показати, що для будь-якого фіксованого $\varepsilon \in (0, 1)$ при $n \rightarrow \infty$

$$\alpha = \theta^2 + 2\theta \varepsilon \Delta_n + \frac{\varepsilon(\theta^2 - \varepsilon)}{\theta^2 - 1} \Delta_n^2 + O(\Delta_n^3), \quad (8)$$

$$\beta = 1 + \frac{\varepsilon(\varepsilon - 1)}{\theta^2 - 1} \Delta_n^2 + O(\Delta_n^3), \quad (9)$$

звідки витікає, що

$$\alpha - \beta = \theta^2 - 1 + 2\theta \varepsilon \Delta_n + O(\Delta_n^2). \quad (10)$$

Об'єднуючи рівності (8), (9) і (10), отримуємо шукане співвідношення (1) у випадку $|\theta| > 1$. \square

З теореми 1 витікає, що при всіх $\varepsilon \in (-\infty, +\infty)$ існує границя (1), в якій функція $\kappa(\varepsilon)$ строго опукла і диференційована на інтервалі $(\varepsilon_-, \varepsilon_+)$. Для формулювання наступних теорем введемо позначення

$$\gamma_- = \kappa'(\varepsilon_-), \quad \gamma_0 = \kappa'(0), \quad \gamma_1 = \kappa'(1), \quad \gamma_+ = \kappa'(\varepsilon_+),$$

де γ_0 визначено лише при $\tilde{\theta}_n < \theta$, а γ_1 – лише при $\tilde{\theta}_n > \theta$.

$$\Gamma_0 = \gamma_0 I(\varepsilon_- < 0) + \gamma_- I(\varepsilon_- = 0), \quad \Gamma_1 = \gamma_1 I(\varepsilon_+ > 1) + \gamma_+ I(\varepsilon_+ = 1).$$

Виконується наступна теорема про ймовірність великих ухилень Δ_n при гіпотезі H^n при $n \rightarrow \infty$.

Теорема 2. Нехай $|\theta| \leq 1$ і $\tilde{\theta}_n$ залежить від n так, що $\Delta_n = \tilde{\theta}_n - \theta \rightarrow 0$ і $\psi_n = n\Delta_n^2 \rightarrow \infty$ у випадку $|\theta| < 1$ або $\psi_n = n|\Delta_n| \rightarrow \infty$ у випадку $|\theta| = 1$ при $n \rightarrow \infty$, причому при всіх n або $\Delta_n > 0$, або $\Delta_n < 0$. Тоді мають місце наступні твердження:

1) для будь-якого $\gamma \in (\Gamma_0, \gamma_+)$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \psi_n^{-1} \ln P_\theta^n \left\{ \frac{\Delta_n}{\psi_n} > \gamma \right\} = \lim_{n \rightarrow \infty} \psi_n^{-1} \ln P_\theta^n \left\{ \frac{\Delta_n}{\psi_n} \geq \gamma \right\} = -I(\gamma), \quad (11)$$

де

$$I(\gamma) = \begin{cases} \frac{(2\gamma(1-\theta^2)+1)^2}{8(1-\theta^2)} \in (0, \infty), & \text{якщо } |\theta| < 1, \\ -\frac{1}{8(1+2\gamma)} \in \left(0, \frac{1}{4}\right), & \text{якщо } \theta = 1 \text{ і } \tilde{\theta}_n > \theta \\ & \text{або } \theta = -1 \text{ і } \tilde{\theta}_n < \theta, \\ \frac{1}{8(1-2\gamma)} \in (0, \infty), & \text{якщо } \theta = 1 \text{ і } \tilde{\theta}_n < \theta \\ & \text{або } \theta = -1 \text{ і } \tilde{\theta}_n > \theta. \end{cases}$$

2) якщо $|\theta| < 1$, то для будь-якого $\gamma \in (-\infty, \gamma_0)$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \psi_n^{-1} \ln P_\theta^n \left(\frac{\Lambda_n}{\psi_n} < \gamma \right) = \lim_{n \rightarrow \infty} \psi_n^{-1} \ln P_\theta^n \left(\frac{\Lambda_n}{\psi_n} \leq \gamma \right) = -I(\gamma) \in (-\infty, 0).$$

Доказ. Випадок $|\theta| < 1$ детально розглянуто в роботі [1], теорема 5. Нехай $|\theta| = 1$. З теореми 1 витікає, що виконується умова (Н) з [2] з $\varepsilon_- = 0$ і $\varepsilon_+ = 1$ у випадку $\theta = 1$ і $\tilde{\theta}_n > \theta$ або $\theta = -1$ і $\tilde{\theta}_n < \theta$ і умова (Н) з [2] з $\varepsilon_- = 0$ у випадку $\theta = 1$ і $\tilde{\theta}_n < \theta$ або $\theta = -1$ і $\tilde{\theta}_n > \theta$. Тоді твердження теореми виходять з теореми 4.1 [2]. □

Наступна теорема про великі ухилення Λ_n при гіпотезі \tilde{H}^n при $n \rightarrow \infty$.

Теорема 3. Нехай $|\theta| \leq 1$, а $\tilde{\theta}_n$ залежить від n таким чином, що $\Delta_n = \tilde{\theta}_n - \theta \rightarrow 0$ і $\psi_n = n\Delta_n^2 \rightarrow \infty$ у випадку $|\theta| < 1$ або $\psi_n = n|\Delta_n| \rightarrow \infty$ у випадку $|\theta| = 1$ при $n \rightarrow \infty$, причому при всіх n або $\Delta_n > 0$, або $\Delta_n < 0$. Тоді для будь-якого $\gamma \in (\gamma_-, \Gamma_1)$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \psi_n^{-1} \ln P_\theta^n \left(\frac{\Lambda_n}{\psi_n} < \gamma \right) = \lim_{n \rightarrow \infty} \psi_n^{-1} \ln P_\theta^n \left(\frac{\Lambda_n}{\psi_n} \leq \gamma \right) = -I(\gamma) + \gamma,$$

де $\gamma_1 = \frac{1}{2(1-\theta^2)}$, а функція $I(\gamma)$ визначена в теоремі 2.

Доказ. Випадок $|\theta| < 1$ детально розглянуто в роботі [1], теорема 6. Розглянемо тепер $|\theta| = 1$. З теореми 1 витікає, що виконується умова (Н) з [2] з $\varepsilon_- = 0$, $\varepsilon_+ = 1$ при $\theta = 1$ і $\tilde{\theta}_n > \theta$ або $\theta = -1$ і $\tilde{\theta}_n < \theta$ і $\varepsilon_+ = \infty$ при $\theta = 1$ і $\tilde{\theta}_n < \theta$ або $\theta = -1$

і $\tilde{\theta}_n > \theta$, а $\kappa(\varepsilon) = -2^{-1}(\sqrt{\varepsilon} + \varepsilon)$ при $\theta = 1$ і $\tilde{\theta}_n > \theta$ або $\theta = -1$ і $\tilde{\theta}_n < \theta$ і $\kappa(\varepsilon) = -2^{-1}(\sqrt{\varepsilon} - \varepsilon)$ при $\theta = 1$ і $\tilde{\theta}_n < \theta$ або $\theta = -1$ і $\tilde{\theta}_n > \theta$. Звідси витікає, що $I(\gamma)$ має вигляд, визначений рівністю (11). І твердження теореми виходять з теореми 4.3. [2]. □

Зауваження. У випадку $|\theta| > 1$ з теореми 1 витікає, що $\kappa(\varepsilon) = -2^{-1}$ при $\varepsilon \in (\varepsilon_-, \varepsilon_+) = (0, 1)$. Значить, функція $\kappa(\varepsilon)$ не є строго опуклою і умова $\gamma_- < \gamma_+$

порушується. Тому при $|\theta| > 1$ теореми про великі ухилення для Λ_n при $n \rightarrow \infty$ у разі загальних бінарних статистичних експериментів не виконуються.

Нехай δ_n – критерій Неймана-Пірсона рівня $\alpha_n \in (0,1)$ для розрізнення гіпотез H^n і \tilde{H}^n за спостереженнями ζ^n процесу авторегресії, який визначається рівністю

$$\delta_n = I(\Lambda_n > d_n) + q_n I(\Lambda_n = d_n),$$

де $I(A)$ – індикатор множини A , а $d_n \in (-\infty, \infty)$ і $q_n \in (0,1)$ – параметри критерію δ_n , які визначаються з умови $E_\theta^n \delta_n = \alpha_n$.

Наступна теорема встановлює взаємозв'язок між швидкостями убування рівня α_n і ймовірністю помилки 2-го роду критерію δ_n .

Теорема 4.

1. Нехай $|\theta| < 1$ і $\tilde{\theta}_n$ залежить від n так, що $\Delta_n = \tilde{\theta}_n - \theta \rightarrow 0$ і $n\Delta_n^2 \rightarrow \infty$ при $n \rightarrow \infty$. Тоді виконуються наступні твердження:

а) для будь-якого $a \in (0, \gamma_1)$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \psi_n^{-1} \ln \alpha_n = -a \quad \Leftrightarrow \quad \lim_{n \rightarrow \infty} \psi_n^{-1} \ln \beta_n = -b(a), \quad (12)$$

$$\text{де } \psi_n = n\Delta_n^2, \quad \gamma_1 = \frac{1}{2(1-\theta^2)}, \quad b(a) = \left(\sqrt{a} - \frac{1}{\sqrt{2(1-\theta^2)}} \right)^2;$$

б) для будь-якого $a \geq \gamma_1$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \psi_n^{-1} \ln \alpha_n = -a \quad \Rightarrow \quad \lim_{n \rightarrow \infty} \psi_n^{-1} \ln \beta_n = 0 \quad (13)$$

$$\text{і при } b \geq -\gamma_0 = \frac{1}{2(1-\theta^2)}$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \psi_n^{-1} \ln \beta_n = -b \quad \Rightarrow \quad \lim_{n \rightarrow \infty} \psi_n^{-1} \ln \alpha_n = 0.$$

2. Нехай $\theta = 1$ і $\tilde{\theta}_n > \theta$ або $\theta = -1$ і $\tilde{\theta}_n < \theta$ і $\tilde{\theta}_n$ залежить від n таким чином, що $\Delta_n = \tilde{\theta}_n - \theta \rightarrow 0$ і $n|\Delta_n| \rightarrow \infty$ при $n \rightarrow \infty$. Тоді справедливі твердження:

а) для будь-якого $a \in \left(0, \frac{1}{4}\right)$ виконується співвідношення (12), в якому

$$\psi_n = n|\Delta_n| \quad \text{і} \quad b(a) = \frac{(4a+1)^2}{16a};$$

б) для будь-якого $a \in \left[\frac{1}{4}, \infty\right)$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \psi_n^{-1} \ln \alpha_n = -a \quad \Rightarrow \quad \liminf_{n \rightarrow \infty} \psi_n^{-1} \ln \beta_n \geq -1.$$

3. Нехай $\theta = 1$ і $\tilde{\theta}_n < \theta$ або $\theta = -1$ і $\tilde{\theta}_n > \theta$, а $\tilde{\theta}_n$ залежить від n так, що $\Delta_n = \tilde{\theta}_n - \theta \rightarrow 0$ і $n|\Delta_n| \rightarrow \infty$ при $n \rightarrow \infty$. Тоді виконуються наступні твердження:

а) для будь-якого $a \in \left(0, \frac{1}{4}\right)$ виконується співвідношення (12), в якому

$$\psi_n = n|\Delta_n| \text{ і } b(a) = \frac{(4a-1)^2}{16a};$$

б) для будь-якого $a \geq \frac{1}{4}$ справедливе співвідношення (13).

Доказ. Доказ твердження 1 можна знайти в роботі [1], теорема 9. Розглянемо випадок $|\theta|=1$. З теореми 1 витікає, що виконується умова (Н) з [3] при $\varepsilon_- = 0$, $\varepsilon_+ = 1$, $\kappa(\varepsilon) = -2^{-1}(\sqrt{\varepsilon} + \varepsilon)$ у випадку $\theta = 1$, $\tilde{\theta}_n > \theta$ або $\theta = -1$, $\tilde{\theta}_n < \theta$ і умова (Н) з [3] при $\varepsilon_- = 0$, $\kappa(\varepsilon) = -2^{-1}(\sqrt{\varepsilon} - \varepsilon)$ у випадку $\theta = 1$, $\tilde{\theta}_n < \theta$ або $\theta = -1$, $\tilde{\theta}_n > \theta$. Враховуючи вид функції $I(\gamma)$ з теореми 2, знаходимо, що корінь рівняння $I(\gamma) = a$ має вигляд

$$\gamma(a) = \begin{cases} -\frac{8a+1}{16a}, & \text{якщо } \theta = 1, \tilde{\theta}_n > \theta \\ & \text{або } \theta = -1, \tilde{\theta}_n < \theta, \\ \frac{8a-1}{16a}, & \text{якщо } \theta = 1, \tilde{\theta}_n < \theta \\ & \text{або } \theta = -1, \tilde{\theta}_n > \theta, \end{cases}$$

звідки отримуємо вид функції $b(a)$. Тоді твердження 2 і 3 безпосередньо витікають з теореми 3.2. [3].

Висновки. У даній роботі доведено теореми про поведінку інтеграла Хелінгера $H_n(\varepsilon)$ при $n \rightarrow \infty$ для різних значень θ і $\tilde{\theta}_n$, на підставі цих теорем отримано теореми про великі ухилення для Λ_n в задачі розрізнення процесів нормальної авторегресії. На підставі теорем про великі ухилення доведена теорема про залежність між швидкостями убуття ймовірності помилок α_n і β_n критерію Неймана-Пірсона.

Л і т е р а т у р а

1. Лін'ков Ю.М. Медведєва М.І. Граничні теореми про великі відхилення для логарифму відношення правдоподібності//Теорія ймовірностей та математична статистика. – 1995. – Вип. 53. – С. 87 – 96.
2. Lin'kov Yu.N. Large deviation theorems in asymptotical statistics//Theory of Stochastic Processes. – 1997. – 3(19), no. 1-2. – P. 259 – 269.
3. Лін'ков Ю.М. Теоремі про великі відхилення та їх застосування//Теорія ймовірностей та математична статистика. – 1997. – 57. – С. 96 – 102.

Каминская М.А., Кулак Э.Н.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АНАЛИЗА ТЕСТОПРИГОДНОСТИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ТЕСТА И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВСТРОЕННЫХ СРЕДСТВ САМОТЕСТИРОВАНИЯ

В статье предлагается метод анализа тестопригодности для сложных цифровых схем. Приводится алгоритм модификации устройства и генерации взвешенного теста на основе показателей тестопригодности.

1. Введение

С увеличением интеграции кремниевых структур отношение числа вентилях к числу выводов схемы существенно возрастает, что уменьшает наблюдаемость и управляемость внутренних узлов схемы, что в свою очередь затрудняет проведение процедуры тестирования, увеличивает время тестирования и объем тестов. Простым решением проблемы повышения качества теста является введение в схему точек контроля и использования стандартов тестопригодного проектирования [1,2].

Тестопригодность – это один из наиболее важных показателей, который должен учитываться при проектировании цифровых устройств наряду с такими показателями, как быстродействие и стоимость устройства. Низкий уровень тестопригодности изделия приводит к увеличению времени и ухудшению качества тестирования изделия, как на стадии производства, так и на стадии эксплуатации, что может подорвать шансы производителя на успех при выходе изделия на рынок.

Цель работы: существенное уменьшение времени верификации, синтеза тестов и/или повышение степени покрытия неисправностей для заданных входных наборов путем модификации структуры цифрового устройства на основе анализа его тестопригодности. Задачи: 1) разработка вероятностного метода анализа тестопригодности, ориентированного на взвешенное тестирование; 2) разработка стратегии выбора точек для модификации комбинационных схем, а также способа их модификации; 3) организация тестирования модифицированных схем; 4) реализация метода в рамках системы SIGETEST, экспериментальное подтверждение его эффективности. Объект исследования: комбинационные схемы, представленные на регистровом и вентильном уровне, не ограниченные решениями методов DFT.

В работе рассматривается понятие управляемости и наблюдаемости внешних и внутренних узлов цифровой схемы и на основе полученных показателей управляемости и наблюдаемости предполагается введение в схему управляющей логики для труднодостижимых узлов. Выбранные контрольные точки с наихудшими показателями управляемости и наблюдаемости должны указывать на места в схеме, которые требуют дополнительной проверки.

В работе предлагается использование генератора взвешенного теста, построенного таким образом, что выбранные в схеме линии будут непосредственно управляемыми, то есть, на линию с низкой управляемостью нуля (C^0) будут подаваться тестовая последовательность, содержащая в себе преимущественно логический ноль. В свою очередь, линии, содержащие низкую управляемость единицы (C^1) будут непосредственно управляемы логической единицей [3].

Анализ тестопригодности необходимо проводить на всех стадиях проектирования. Наиболее адекватный анализ соответствует наиболее подробному описанию устройства на вентиляльном уровне.

Для модификации устройства на вентиляльном уровне может быть использован путь сканирования, организованный из соединенных между собой легко тестируемых, модифицированных ячеек граничного сканирования. [4].

Для организации процедуры тестирования на уровне регистровых передач или системном уровне могут быть использованы такие стандарты тестопригодного проектирования как IEEE 1149.1BS [1] или IEEE 1500SECT [2].

Таким образом, для достижения поставленной в работе цели необходимо обеспечить дополнительное сканирование внутрисхемных линий устройства выбранных по предлагаемому методу.

2. Анализ тестопригодности схемы

Предлагаемый метод заключается в вычислении значений управляемости и наблюдаемости узлов схемы, формирующих оценку тестопригодности. Предложенный метод может быть использован как на досинтезной структуре цифрового устройства (устройство описанное на ЯОА), так и на более детализированных уровнях представления – вентиляльном уровне и уровне регистровых передач. Метод основан на вероятностном подходе вычисления показателей тестопригодности узлов устройства (узлы – эквивалентные линии схемы, представленной на вентиляльном уровне; межсоединения между блоками устройства на уровне регистровых передач, и сигнальные линии, соединяющие операторы кода VHDL).

Вычисление управляемости. Значения управляемости на первичных входах равны 0,5 (так как первичные входы устройства или входные порты устройства стопроцентно управляемы). Значения управляемости вычисляются от первичных входов схемы до первичных выходов и могут принимать значения от 1 до 0. Если значение управляемости единицы C^1 на линии находится в диапазоне от 0,5 до 1, то значит линия легко управляема единицей; и если от 0,5 до 0, то линия плохо управляема единицей и на ней следует проверить возникновение неисправности «Константный ноль». Ноль имеет линия, которую невозможно установить ни в одно из логических значений. Значения управляемости зависят от значений управляемости на линиях схемы, принадлежащих предыдущему рангу схемы ($r - 1$) и от коэффициента распространения логического значения ($K(0), K(1)$) сквозь блок схемы от его входов к выходам. Коэффициент распространения вычисляется по формулам:

$$K(0) = \frac{n(0)}{n(0) + n(1)}, \quad K(1) = \frac{n(1)}{n(0) + n(1)} \quad (1)$$

здесь $n(0)$ и $n(1)$ определяются из кубического покрытия логического блока, будь то логический вентиль или устройство умножения. В общем случае, значения управляемости для логических элементов «И», «ИЛИ» могут быть вычислены по следующим формулам:

$$C^1(Y) = K(1) \cdot \prod_{i=1}^m C^1(X_i), \quad C^0(Y) = K(0) \cdot \prod_{i=1}^m C^0(X_i) \quad (2)$$

Для инвертора и повторителя соответственно:

$$C^1(Y) = C^0(X), \quad C^0(Y) = C^1(X); \quad C^1(Y) = C^1(X), \quad C^0(Y) = C^0(X) \quad (3)$$

Для двухвходового элемента «Исключающее ИЛИ»:

$$C^1(Y) = K(1) \cdot C^1(X_1) \cdot C^1(X_2), \quad C^0(Y) = 1 - C^1(Y) \quad (4)$$

Для логического элемента “Исключающее “ИЛИ” необходимо произвести некоторые преобразования. В случае когда элемент “Исключающее “ИЛИ” выглядит как один блок (рис. 2), формул для вычисления показателей управляемости следующая:

$$C^1(Y) = C^0(X_1) \cdot C^1(X_2) + C^1(X_1) \cdot C^0(X_2), C^1(Y) = C^0(X_1) \cdot C^0(X_2) + C^1(X_1) \cdot C^1(X_2). \quad (5)$$

Коэффициент передачи управляемости в этом случае равен единице, поскольку элемент “Исключающее “ИЛИ”, также как и инвертор и повторитель, является прозрачным с точки зрения схемотехники.

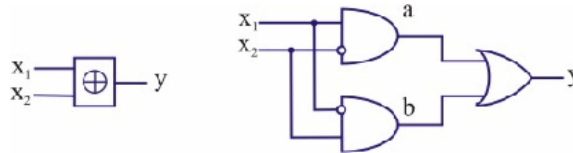


Рис. 1. Логический элемент “Исключающее ИЛИ”

В случае преобразованного элемента “Исключающее “ИЛИ” в логические элементы “И”, “ИЛИ” (рис. 1), показатели управляемости рассчитываются как для композиции логических элементов “И” и “ИЛИ”. Для промышленных схем все же целесообразнее использовать формулу 4, поскольку “Исключающее ИЛИ” уже определен в библиотеке логических элементов как отдельный элемент.

Вычисление наблюдаемости. Наблюдаемость $O(x_i)$ - количественная мера способности устройства транспортировать состояние рассматриваемой линии на внешние выходы схемы. Наблюдаемость может принимать относительное значение, лежащее в промежутке $[0;1]$. $O(x_i) = 1$ для внешнего выхода. $O(x_i) = 0$, если невозможно обеспечить такие условия, при которых изменение значения в узле приводило бы к изменению значения на первичном выходе. Практически значения управляемости большинства линий лежат между границами промежутка $[0;1]$. Наблюдаемость узлов в схеме уменьшается от первичных выходов к первичным входам. В общем случае процесс распространения информации о неисправности через элемент зависит, как от способности активизировать определенный вход, так и от способности установить фиксированные значения на некоторых или всех других входах устройства, позволяющих активизировать путь к определенному выходу устройства (функция управляемости этих входов), (рис. 2).



Рис. 2. Путь активизации

Поэтому наблюдаемость определяется по формуле:

$$O(X_1 - Y) = O(Y) \cdot g, \quad (6)$$

где Y - первичный выход устройства; $X_1 - Y$ - путь активизации; g - среднее арифметическое значений управляемостей входов, обеспечивающих прохождение активизации с входа X_1 на выход Y .

$$g = \frac{C^i(X_2) + C^j(X_3) + \dots + C^k(X_n)}{n-1} \quad (7)$$

где n - число входов элемента, (X_2, X_3, \dots, X_n) - набор входных значений (z_a) , обеспечивающих активизацию пути $X_1 - Y$; $i, j, \dots, k \in \{0, 1\}$ и равны 0, если X_2, X_3, \dots, X_n на наборе z_a принимают нулевые значения, и равны 1, если X_2, X_3, \dots, X_n на наборе z_a принимают единичные значения. Например, для трехвходового вентиля «И» $O(X_1 - Y) = O(Y) \cdot [C1(X_2) + C1(X_3)]/2$. Выбираются $C1(X_2)$ и $C1(X_3)$, потому что $X_2 = X_3 = 1$ обеспечивают активизацию пути с входа X_1 на выход Y вентиля.

Если у элементов отсутствуют входы активизации, а следовательно и z_a , то $g = 1$. Примером таких элементов являются инвертор и повторитель. У них один вход и один выход, причем наблюдаемость входа равна наблюдаемости выхода.

В случае сходящихся ветвлений наблюдаемость линии ветвления определяется как среднее арифметическое наблюдаемостей этой линии по каждому из путей. В данном случае не выбирается путь минимальной длины, рассматривая на то, что остальные пути при построении теста будут блокироваться, а учитывается наблюдаемость по каждому из путей, поскольку может возникнуть ситуация, когда блокировка неосуществима.

$$O(Y - U) = \left[\sum_{i=1}^t O(Y_i - U) \right] / t \quad (8)$$

Наличие ветвления на выходе устройства (рис. 3) позволяет наблюдать его состояние на нескольких первичных выходах схемы. Состояние узла X может наблюдаться на первичном выходе Y_1 и на первичном выходе Y_2 . Можно вычислить оба значения наблюдаемости - $O(X - Y_1)$ и $O(X - Y_2)$.

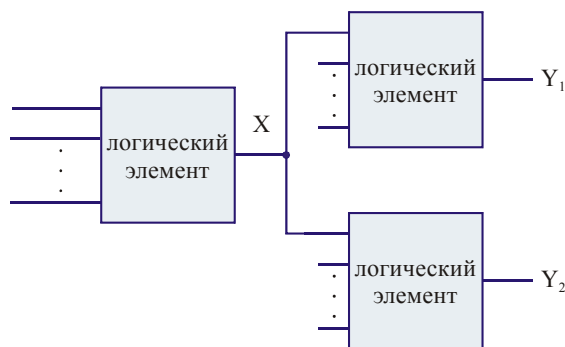


Рис. 3. Случай ветвления выхода

Как учитывать оба значения наблюдаемости при вычислении общей оценки наблюдаемости узла с ветвлением выхода? Ответ следует из сопоставления рассматриваемой задачи с задачей надежности системы с параллельным

соединением элементов [5]. В этом случае работоспособность гарантируется, если функционирует по меньшей мере один из параллельных путей, т.е.

$$R(S) = 1 - Q(S) = 1 - P[Q(\text{каждого пути})] = 1 - P[1 - R(\text{каждого пути})], \quad (9)$$

где R - функция надежности процесса, Q - функция ненадежности процесса.

Переходя к терминологии наблюдаемости, можно сказать, что при условии активизации одного из возможных путей состояние узла можно успешно наблюдать на первичном выходе. Если можно активизировать больше одного пути, то

$$O(X) = 1 - \prod_{i=1}^n [1 - O(Y_i)] \quad (10)$$

где n - количество выходов. Для случая ветвления выхода, изображенного на рис. 4 наблюдаемость линии ветвления определяется по формуле (14).

$$O(X - (Y_1, Y_2)) = 1 - ([1 - O(Y_1)] \cdot [1 - O(Y_2)]) \quad (11)$$

Вычисление значений наблюдаемости узлов схемы начинается с первичных выходов и продвигается далее через всю схему к первичным входам.

Определение тестопригодности. Простая мера тестопригодности узла может быть получена перемножением значений его управляемости и наблюдаемости.

$$T^1(Y) = C^0(Y) \cdot O(Y), \quad T^0(Y) = C^1(Y) \cdot O(Y),$$

$$T(Y) = (T^0(Y) + T^1(Y)) / 2, \quad T_{\text{схемы}} = [\sum_{i=1}^N T(Y_i)] / N \quad (12)$$

где O - тестопригодность (1- тестопригодность) узла Y , $T(Y)$ - тестопригодность узла Y . Общий показатель тестопригодности всей схемы должен представлять собой меру средней трудоемкости получения теста для узла схемы, следовательно, эта мера может быть представлена как среднее арифметическое значение тестопригодностей всех узлов схемы, где $T_{\text{схемы}}$ - тестопригодность всей схемы, n - количество узлов схемы. Для удобства интерпретации результатов берется корень восьмой степени значений управляемости, наблюдаемости, тестопригодности.

Пример 1. Рассмотрим схему, представленную на вентиляльном уровне на языке описания аппаратуры VHDL.

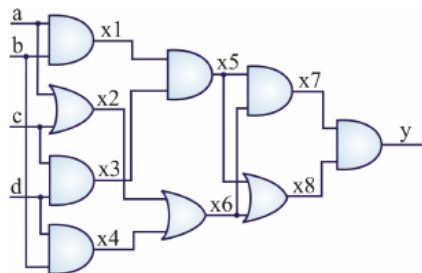


Рис. 4. Схема на вентильном уровне

В таблице 1 представлены результаты анализа тестопригодности для схемы на рисунке 4. Общая тестопригодность схемы: 0.36419.

Показатели тестопригодности по методу COPPoTA

Линия	C ⁰	C ¹	O	T ⁰	T ¹	T
a	0.5000	0.5000	0.3755	0.3122	0.3122	0.3122
b	0.5000	0.5000	0.3755	0.3122	0.3122	0.3122
c	0.5000	0.5000	0.3755	0.3122	0.3122	0.3122
d	0.5000	0.5000	0.3755	0.3122	0.3122	0.3122
x1	0.2500	0.7500	0.2363	0.5727	0.1909	0.3818
x2	0.2500	0.7500	0.2363	0.5727	0.1909	0.3818
x3	0.7500	0.2500	0.2481	0.1877	0.5631	0.3754
x4	0.7500	0.2500	0.2481	0.1877	0.5631	0.3754
x5	0.0625	0.9375	0.0550	0.8860	0.0590	0.4725
x6	0.9375	0.0625	0.0037	0.0622	0.9340	0.4981
x7	0.0585	0.9414	0.0586	0.8862	0.0551	0.4707
x8	0.9414	0.0585	0.9415	0.0034	0.0551	0.0292
y	0.0551	0.9448	1.0000	0.9448	0.0551	0.5000

3. Стратегия выбора контрольных точек и тестирования

Проведенные эксперименты показали, что разработанный метод позволяет осуществлять простую процедуру выбора точек для модификации схемы.

Современные технологии позволяют компоновать число вентилях до нескольких миллионов. В связи с этим дополнительные аппаратные затраты, связанные с использованием генератора взвешенного теста и пути сканирования не являются критичными. Гораздо важнее пригодность схемы к адекватной проверке. Поэтому вполне допустимо использование избыточных, но простых и регулярных подходов и структур для уменьшения времени разработки и производства изделия.

Используется ряд подходов по получению оптимального для разработчика качества теста. Например в [6,7] предлагается использование на первом этапе псевдослучайного теста – генерация теста и процедура тестирования прекращается, когда будет получено 80-85% покрытия неисправностей. Затем этот тест дополняется детерминированным тестом для получения 100% покрытия. Авторы предлагают реализацию встроенных генераторов теста в каждом ядре, при этом псевдослучайные последовательности генерируются с помощью внешних генераторов, а детерминированные последовательности генерируются при помощи встроенной BIST и хранятся в системе.

Предлагается методология нахождения оптимальной комбинации между количеством псевдослучайных и детерминированных тестовых векторов, что позволяет существенно уменьшить время тестирования системы в целом, учитывая ограничения на память. Как показали эксперименты, такой подход эффективнее, чем использование исчерпывающего теста – время тестирования было уменьшено в 60 раз.

В [8] предлагается стандартный подход. 1. На начальном этапе тестирования используется заданный эталон или начальный тест. Проводиться тестирование с этим эталоном. 2. Если степень покрытия неисправностей не удовлетворяет разработчика, создается новый тест на основе использования полученных в процессе предварительного тестирования ошибок. В данной работе предлагается подход описанный ниже. 1. Предварительно проводится анализ тестопригодности по предложенному в работе методу. 2. Генерируется псевдослучайный тест для заданной схемы. 3. Проводиться анализ неисправностей этим тестом. Если степень покрытия неисправностей не удовлетворяет разработчика, то на основе полученных показателей тестопригодности выбираются крити-

ческие точки в схеме и генерируется новый, взвешенный тест, использующий полученные показатели тестопригодности. Для этого необходимо выбрать 3-5% (при выборе количества дополнительных выводов (точек сканирования для реализации пути сканирования) учитываются такие показатели как уровень сложности схемы, начальное качество теста и др.) линий с низкими показателями управляемости нулем и единицей и наблюдаемости.

На рисунке 5 представлена общая схема организации тестирования устройства при наличии пути сканирования.

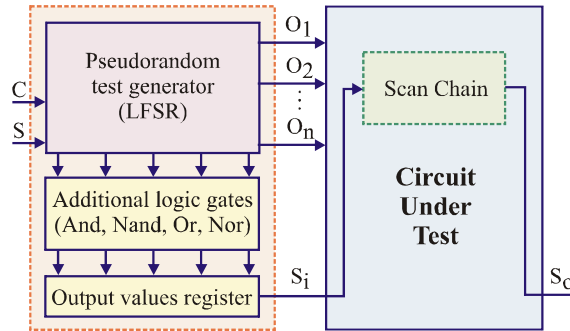


Рис. 5. Общая схема организации тестирования устройства

Способ модификации схемы состоит в следующем: на каждую выбранную линию схемы ставится ячейка, которая должна обеспечить 100%-ную управляемость и 100%-ную наблюдаемость выбранной линии, при этом она должна быть абсолютно прозрачной для нормального режима работы схемы, а также должна просто тестироваться.

Для уменьшения числа дополнительных входов и выходов эта ячейка должна с остальными ячейками объединяться в сдвиговый регистр, аналогичный пути сканирования в структурных методах тестопригодного проектирования. Ячейка регистра граничного сканирования (IEEE 1149.1 Boundary-Scan Standard) вполне удовлетворяет перечисленным требованиям (рис.6, а), за исключением ее размера.

Для уменьшения аппаратных затрат и обеспечения адекватной проверки ячейки предлагается использовать ячейку, изображенную на рис. 6, б. Ячейка состоит из двухступенчатого синхронного D - триггера, и мультиплексора. DI - вход данных, DO - выход данных, SI - вход сканирования, CLK - вход синхронизации, A - адресный вход мультиплексора. DI - DO - путь прохождения данных, которым заменяется выбранная линия. Схема подключения ячеек такая как в [9].

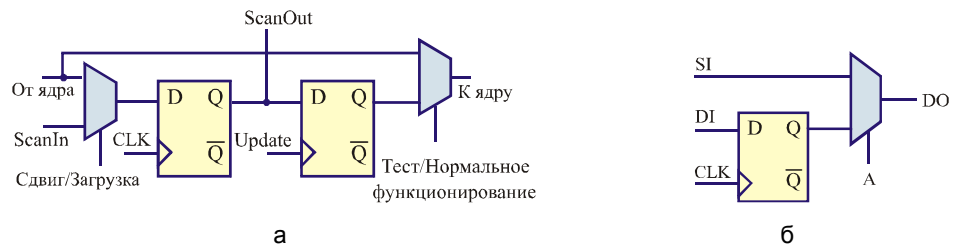


Рис. 6 - ячейка регистра граничного сканирования (а), ячейка сканирования для комбинационной схемы (б)

Можно организовать также параллельную загрузку тестовых данных в путь сканирования, в этом случае не будет использован регистр выходных значений Output value register.

Пример 2. Использование генератора взвешенного теста. В работе предлагается использование генератора взвешенного теста, построенного таким образом, что выбранные в схеме линии будут непосредственно управляемыми, то есть, на линию с низкой управляемостью нуля (C0) будут подаваться тестовая последовательность, содержащая в себе преимущественно логический ноль. В свою очередь, линии, содержащие низкую управляемость единицы (C1) будут непосредственно управляемы логической единицей. На рисунке представлен пример генератора взвешенного теста, где трехходовой элемент "NAND" позволяет генерировать последовательность, вероятность возникновения логического нуля в которой равна 0,125, то есть, этот элемент необходим для повышения управляемости единицы на выбранной линии [3].

Использование генератора взвешенного теста. Для генератора взвешенного теста выбираются внутренние линии с низкими показателями управляемости. При этом для линии с низким значением управляемости нуля будут управляемы дополнительным элементом AND (NOR), встроенным в генератор тестовой последовательности. Таким же образом должна будет улучшена управляемость единицы - путем использования дополнительных элементов NAND (OR). Так, использование взвешенного теста позволяет повысить качество теста на 30%.

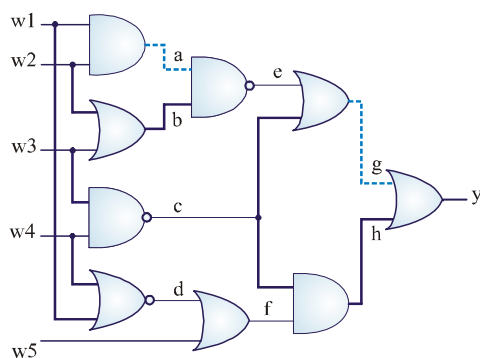


Рис. 7. Пример схемы для анализа

Генератор теста для схемы на рис. 8 построен на основе LFSR, построенного с помощью примитивного полинома $P(x) = x^5 + x^2 + 1$, степень показывает количество входов схемы. Для генерации нулевых и единичных последовательностей в генератор встраиваются дополнительные логические элементы "AND", "OR". Псевдослучайный тест, построенный по полиному $P(x) = x^5 + x^2 + 1$ дает качество теста $Q = 67,857\%$. Длина теста - 17 векторов. На схеме линия **g** имеет низкую управляемость единицы, линия **a** имеет низкую управляемость нуля. Таким образом, генератор псевдослучайного теста может быть трансформирован в генератор взвешенного теста путем введения в его структуру дополнительных элементов "NAND" для повышения управляемости линии **g**, и элемента "AND" для повышения управляемости линии **a**. После модификации качество теста $Q = 97,875\%$, при длине теста 17 векторов.

Использование пути сканирования. В качестве дополнительной стратегии предлагается также использовать метод модификации как представлено в

[9]. Для этого необходимо выбрать 3-5% (при выборе количества дополнительных выводов (точек сканирования для реализации пути сканирования) учитываются такие показатели как уровень сложности схемы, начальное качество теста и др.) линий с низкими показателями наблюдаемости.

На основе разработанного метода предложена стратегия выбора наблюдаемых линий в схеме с последующим моделированием неисправностей.

Для схемы из примера 1, рисунок 4 исчерпывающий тест составляет 16 векторов.

Таблица 2

Результаты моделирования неисправностей схемы сх до модификации

№	Тест-вектор	Качество теста, Q%	Проверяемые неисправности на тест-векторе
1	0000	3.846	y-1
2	0001	11.538	x5-1 x7-1
3	0010	11.538	
4	0011	15.385	x1-1
5	0100	15.385	
6	0101	15.385	
7	0110	15.385	
8	0111	19.231	a-1
9	1000	19.231	
10	1001	19.231	
11	1010	19.231	
12	1011	23.077	b-1
13	1100	26.923	x2-1
14	1101	30.769	c-1
15	1110	34.615	d-1
16	1111	76.923	c-0 a-0 b-0 d-0 x2-0 x1-0 x6-0 x5-0 x7-0 x8-0 y-0

Схема преднамеренно была выбрана избыточной для более наглядного представления результатов моделирования при использовании AD-HOC технологий на основе предложенного метода.

Из результатов моделирования видно, что линии x3, x4 не проверяются тестом вообще, а на линиях x6, x8 отсутствует проверка неисправности "константа 1". Моделирование неисправностей проводилось с помощью системы SIGETEST.

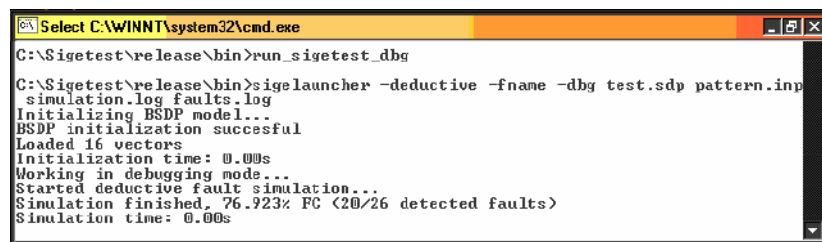


Рис. 8. Результаты моделирования в системе SIGETEST

Существуют различные подходы по повышению степени покрытия неисправностей. Одним из них является введение в схему дополнительных линий

наблюдения (дополнительных наблюдаемых выходов схемы). В общем случае дополнительные выходные линии определяются путем вычисления наблюдаемости $O(X_i)$ всех переменных схемы. После этого необходимо выбрать совокупность таких линий X_i , которые удовлетворяют наперед заданному пороговому значению наблюдаемости $O(X_i)$. В данной схеме непроверяемыми линиями являются линии x3, x4. По существующему ограничению на количество дополнительных выводов схемы (5%), зависящее от количества выводов и вентилях схемы и ее размера, в схеме из примера наблюдаемой линией можно выбрать только одну линию из множества внутренних линий {a, b, c, d, x1, x2, x3, x4, x5, x6, x7, x8, y}. Сначала выбирается линия x3 и проводится моделирование неисправностей на заданном тесте (исчерпывающий тест, 16 векторов). На рисунке представлены результаты моделирования с выбранной линией x3 в качестве дополнительного наблюдаемого выхода. Затем выбирается линия x4 и аналогично проводится моделирование неисправностей.

```

C:\WINNT\system32\cmd.exe
C:\Sigetest\release\bin>run_sigetest_dbg
C:\Sigetest\release\bin>sigelauncher -deductive -fname -dbg test.sdp pattern.inp
simulation.log faults.log
Initializing BSDP model...
BSDP initialization succesful
Loaded 16 vectors
Initialization time: 0.03s
Working in debugging mode...
Started deductive fault simulation...
Simulation finished, 84.615% FC (22/26 detected faults)
Simulation time: 0.00s
  
```

Рис. 9. Результаты моделирования - линия x3 выбрана в качестве дополнительного наблюдаемого выхода

```

C:\WINNT\system32\cmd.exe
C:\Sigetest\release\bin>run_sigetest_dbg
C:\Sigetest\release\bin>sigelauncher -deductive -fname -dbg test.sdp pattern.inp
simulation.log faults.log
Initializing BSDP model...
BSDP initialization succesful
Loaded 16 vectors
Initialization time: 0.00s
Working in debugging mode...
Started deductive fault simulation...
Simulation finished, 80.769% FC (21/26 detected faults)
Simulation time: 0.00s
C:\Sigetest\release\bin>
  
```

Рис. 10. Результаты моделирования - линия x4 выбрана в качестве дополнительного наблюдаемого выхода

Как видно из рисунков, моделирование на выбранных линиях не дало ожидаемого результата, дополнительный выход x3 дает качество теста $Q = 84,615\%$ и 22 проверяемые неисправности из 26. Дополнительный выход x4 дает качество теста $Q = 80,769\%$ и 21 проверяемая неисправность из 26. Даже обе линии x3, x4 не дают ощутимого улучшения качества теста и повышения процента проверяемых неисправностей. Так, при моделировании схемы с выбранными дополнительными выходами x3, x4 было получено качество теста $Q = 92,308\%$ и 24 проверяемые неисправности из 26. На производстве оптимальным является качество теста в диапазоне от 95% до 99% [3]. Таким образом, полученное качество теста при выбранных линиях x3, x4 не превышает даже минимального порога 95%. В [3] также упоминается, что точками контроля (дополнительные линии) лучше выбирать не те линии, которые не проверяются задан-

ным тестом, а те, которые находятся в схеме за этими линиями (линии, которые ближе к выходу). Предлагаемый метод разработан таким образом, чтобы низкая наблюдаемость указывала на именно на такие линии, которые являются оптимальными для выбора их наблюдаемыми. Из таблицы 1 видно, что наименьшую наблюдаемость имеет линия х6. Таким образом, линия х6 выбирается как дополнительный наблюдаемый выход. далее проводится моделирование неисправностей на схеме с дополнительным выходом х6. Качество теста в этом случае $Q = 96,154\%$, проверяется 25 неисправностей из 26.

```

C:\WINNT\system32\cmd.exe
C:\Sigetest\release\bin>run_marynaprob
C:\Sigetest\release\bin>sigelauncher -marynaprob -junc_avg -tb_avg -dbg test.sdp
testability_MarynaProb.log
Initializing BSDP model...
BSDP initialization successful
Initialization time: 0.01s
Working in debugging mode...
Started MARYNAPROB method for testability computation...
Total MARYNAPROB testability = 0.36419
Testability computation finished
Simulation time: 0.00s
C:\Sigetest\release\bin>

```

Рис. 11. Результаты анализа тестопригодности схемы с помощью системы SIGETEST

```

C:\WINNT\system32\cmd.exe
C:\Sigetest\release\bin>run_sigetest_dbg
C:\Sigetest\release\bin>sigelauncher -deductive -fname -dbg test.sdp pattern.inp
simulation.log faults.log
Initializing BSDP model...
BSDP initialization successful
Loaded 16 vectors
Initialization time: 0.00s
Working in debugging mode...
Started deductive fault simulation...
Simulation finished, 96.154% FC <25/26 detected faults>
Simulation time: 0.00s
C:\Sigetest\release\bin>

```

Рис. 12. Результаты моделирования – линия х6 выбрана в качестве дополнительного наблюдаемого выхода

Из примера видно, что начальное качество теста на схеме до модификации $Q = 76,923\%$, при дополнительном выходе х3, выбранном как непроверяемая линия $Q = 84,615\%$, при дополнительном выходе х4, выбранном как непроверяемая линия $Q = 80,796\%$, при дополнительном выходе х6, выбранном по предлагаемому методу $Q = 96,154\%$. Выбор линий по предлагаемому методу анализа тестопригодности дал на схеме из примера увеличение на $19,231\%$. Выбор непроверяемых линий в качестве дополнительных наблюдаемых выходов дал повышение качества теста на $7,692\%$.

Если разработчик ограничен во введении дополнительных линий наблюдения, предлагается использование генератора взвешенного теста, построенного на основе показателей управляемости.

Анализ можно проводить как на досинтезной структуре, так и на устройстве, обработанном средствами синтеза (устройство может быть разложено до вентиляционного уровня, для которого и предполагается внедрение генератора взвешенных тестов). На вентиляционном уровне проводится более точный и адекватный анализ, но медленней чем на уровне регистровых передач.

На послесинтезной структуре анализ усложняется за счет появления дополнительных сигнальных линий (за счет увеличения разрядности операндов).

4. Результаты и выводы

Научная новизна: был предложен метод анализа тестопригодности. Предложена стратегия поиска контрольных точек и модификации устройства на вентиляльном уровне и уровне регистровых передач. Также представлен путь модификации графа в целях повышения общей тестопригодности устройства и исключения труднотестируемых путей в устройстве.

Практическая значимость полученных результатов: 1. До внедрения в схему генераторов теста, система на кристалле должна быть разбита на подсхемы и для каждой подсхемы выбран определенный метод анализа и генерации тестов. Метод может быть использован на схемах, содержащих более порядка 100000 - 1000000 логических вентилях, что позволит упростить процесс разбиения схемы на подсхемы в случае использования технологий BIST, в то время как ранее представленные методы [4,10] дают недопустимые показатели наблюдаемости и, соответственно, тестопригодности, уже на схемах, содержащих 20000 вентилях (TADATPG) и 243 логических вентиля (CAMELOT метод). 2. Метод может быть использован на всех стадиях проектирования – на системном (алгоритмическом) уровне, на уровне регистровых передач (послесинтезное структурное описание), на вентиляльном уровне описания устройства. 3. Предлагаемый метод имеет более распределенные значения в интервале [0;1], по сравнению с ранее упомянутыми методами, что позволяет более адекватно выбирать точки контроля, по сравнению с ранее разработанными методами. 4. Использование метода анализа тестопригодности и построение взвешенного теста на основе полученных показателей управляемости и наблюдаемости позволяет существенно сократить время тестирования устройства по сравнению с использованием детерминированного теста. 5. Аппаратурные затраты при использовании взвешенного теста составляют порядка 30-35% от общего количества вентилях в схеме. В [4,9] - аппаратурные затраты на путь сканирования - 60 - 110% (для комбинационных схем) и до 250% для последовательностных схем. В таблицах 4 и 5 представлены сравнительные характеристики для методов TADATPG и COPPoITA. В таблице 5 не учтены затраты на организацию пути сканирования. Аппаратурные затраты вычислялись с помощью оценки по Квайну для 1) генератора псевдослучайного теста до модификации схемы, 2) генератора псевдослучайного теста после модификации, в этом случае на модели схемы выбранные тестовые точки представлены в виде разрывов, 3) генератора взвешенного теста для модифицированных схем. Для генератора взвешенного теста выбирались дополнительные двухходовые И-ИЛИ элементы. Дополнительные линии выбирались на основе оценок управляемости нулем и единицей. $\{C0\} \cup \{C1\}$. 6. Процедура проведения анализа тестопригодности проста и не требует вычисления линейных уравнений для последовательностных схем. 7. Обеспечение проверки устройства на наличие неисправностей на самых ранних стадиях производства.

Недостаток: нет абсолютной гарантии получения стопроцентного качества теста, поскольку используется взвешенный тест.

Л и т е р а т у р а

1. IEEE Std 1149.1-2001, IEEE Standard Test Access Port and Boundary-Scan Architecture. New York. 2001. 208p.
2. IEEE P1500/D11, Draft Standard Testability Method for Embedded Core-based Integrated Circuits, New York. 2005. 138p.
3. C. E. Stroud, A Designer's "Guide to Built-in Self-Test." *Kluwer Academic Publishers*, 2002. 320 p.
4. Kulak E.N., Kaminska M.O., Hassan Kteiman, Wade Ghribi "Heuristic method of testability analysis for digital system testing by deterministic test" // *Radioelectronics and informatic*. № 3. Kharkov. 2005. P. 113-119.
5. Р. Дж. Беннеттс Проектирование тестопригодных логических схем: Пер. англ. - М.: Радио и связь, 1990. - 176 с.
6. Gert Jervan, Petru Eles, Zebo Peng, Raimund Ubar, Maksim Jenihhin Hybrid BIST Time Minimization for Core-Based Systems with STUMPS Architecture // *Proceedings of the 18th IEEE International Symposium on Defect and Fault Tolerance in VLSI Systems.*— 2003.— 4p.
7. Gert Jervan, Petru Eles, Zebo Peng, Raimund Ubar, Maksim Jenihhin Test Time Minimization for Hybrid BIST of Core-Based Systems // *Proceedings of the 12th Asian Test Symposium.*— 2003.— 4p.
8. Richard Munden. ASIC and FPGA Verification: A guide to Component Modeling// Morgan Kaufmann Publishers is an imprint of Elsevier, United States of America, 2005
9. Модифікація цифрових схем з використанням метода аналізу тестопригодності TADATPG / Кулак Е.Н., Каминська М.А., Ваде Гриби, Хассан Ктейман, Гузь О.А. // *Радиоелектроніка і інформатика*. № 4 – 2005. г. Харків. с. 62-67. А4
10. R. G. Bennetts, C. M. Maunder, G. D. Robinson CAMELOT: A Computer-Aided Measure for Logic Testability // *Proceedings of IEEE Conf.*— Vol. 128.— Part E.— No. 5.— 1981.— P. 177-189.

УДК 004.822

Козак І.А.

ВИКОРИСТАННЯ ОНТОЛОГІЙ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

В статті аналізується сучасний стан використання онтологій при проектуванні і розробці інформаційних систем. Формулюється концепція онтологічного проектування та пропонується використання багатовимірної семантичної моделі для формального опису онтології. Розглядаються можливості відображення онтологічної моделі у концептуальні схеми інформаційної системи.

На сьогоднішній день фахівці досить часто стикаються з ситуацією, коли нова інформаційна система (ІС) перестає їх задовольняти – з причини недостатнього аналізу вимог до системи при її створенні, чи під впливом соціально-економічних факторів, виникає необхідність у внесенні змін до системи. Розробка ж нових версій ІС за витратами часто перевищує початкову вартість її розробки. У зв'язку з цим виникає проблема – яким чином, за допомогою яких методів та інструментарію, забезпечити можливість модифікації інформаційних систем з мінімальними витратами. Дана проблема піднімається в цілому ряді публікацій, серед яких [1].

Для вирішення цієї проблеми пропонувалися різноманітні концепції, зокрема, тут можна назвати і розробку інтелектуальних інформаційних систем, здатних «адаптуватися» під зміни і MDA (Model Driven Architecture) [2] - загальну

архітектуру модель-орієнтованої розробки інформаційних систем. Остання передбачає розробку платформи-незалежної моделі - PIM (Platform Independent Model), що містить повний опис системи, однак не має деталей, що відносяться до реалізації та використовуваних технологій. А також перетворення PIM-моделі в PSM (Platform Specific Model), яка враховує особливості конкретної реалізації. Як інструмент для опису PIM пропонується UML (проте може бути обрана й інша мова моделювання). Ключовою ідеєю даної архітектури є можливість повторно використати PIM-моделі при розробці нових версій систем та при розробці аналогічних ІС.

Однак, на сьогодні, відношення розробників до моделей, як основи інформаційних систем, не сформоване. Про це свідчать, наприклад, результати, викладені в [3], основані на аналізі 30 Європейських проектів розробки ІС віртуальних організацій. Для моделювання процесів у мережах віртуальних партнерів лише у 40% проектів використовувались формальні методи подібні IDEF і UML, а більш, ніж 60% використовували Visio, PowerPoint і словесні описи в MS Word, у деяких з проектів, розробляли спеціальні інструментальні засоби моделювання (VSD, COPT і Adonis). Навіть тими розробниками, які використовують UML чи IDEF, моделі сприймаються скоріше як чорновик, за допомогою яких можна уявити роботу системи і викинути їх, а ніж використовувати повторно. Причини такого ставлення, на нашу думку, криються, в першу чергу, у недосконалості самих методів, які не дозволяють однозначно та всебічно описати розроблювану систему і потім згенерувати на основі цього опису повноцінний код.

Тому можна поставити задачу розробки методу проектування інформаційних систем, який би задовольняв наступні вимоги:

- доступність у сприйнятті;
- легкість у використанні;
- максимальна автоматизація процесів проектування;
- всебічність опису інформаційної системи на основі деякої формальної моделі;
- можливість повторного використання моделей.

Основою такого методу проектування має бути деяка модель, яка дозволяла б описувати інформаційну систему повно і всесторонньо. Тому ми звернулися до поняття «онтології», яке на сьогоднішній день є досить популярним.

Існує цілий ряд визначень онтологій та робіт, присвячених дослідженню цих визначень (оскільки не існує єдиного загальноприйнятого). Значний перелік існуючих визначень онтології наведено в роботі [4]. Ми не ставимо за мету дати ще одне визначення онтології, для нас досить тих ключових особливостей, які виділяють більшість авторів і які ми переформулюємо наступним чином:

- онтологія описує поняття предметної області та відношення між цими поняттями, відношення можуть бути різних типів.

В рамках даної статті ми ставимо за мету дослідити, чи можна на основі онтологій здійснити всебічний опис інформаційної системи і яку роль може відігравати онтологія при проектуванні і розробці інформаційної системи.

В роботі [5] автором відмічено, що кожна ІС має онтологію, яка не явно, але помітно вбудована в частини інформаційної системи. Автор роботи [6] дотримується подібної точки зору, зазначаючи, що будь-яке моделювання даних припускає чи передбачає вираження форм значень даних. І що досягнути домовленості між замовником і розробником можна було б за допомогою онтологій, використовуваних як модель предметної області в процесі розробки.

В роботі [5] також вводиться поняття керованих онтологіями інформаційних систем (Ontology-Driven Information Systems - ODIS), в яких он-

тології відіграють основну роль, керуючи всіма аспектами їх функціонування і компонентами. При цьому автором виділяються «часовий» і «структурний» «вимір» використання онтологій в інформаційних системах. Під часовим виміром розуміється час, коли онтологія використовується в ІС – під час їх розробки, під час використання, інтеграції і т.п. Під структурним виміром розуміється те, яку частину інформаційної системи дозволяє підтримувати онтологія – інтерфейси користувача, базу даних чи інші компоненти. Наголос робиться на можливості багаторазового використання знань предметної області (онтології) на різномірних платформах.

Існує також ряд робіт, в яких зазначається, що ідеї використання онтологій як основи при розробці інформаційних систем, викладені в роботах [5-6] не нові. Так, в [7] вказується, що в 70-х роках авторами [8] запропоновано використання «концептуальних схем» як шляху представлення та завантаження знань про предметну область.

В ряді інших робіт обговорюється проблема відмінностей між онтологіями і концептуальними схемами, детальний аналіз цих робіт зроблено в [9], де пропонується розглядати онтології і концептуальні схеми як два різноманітні рівні представлення інформації. Онтологіям відводиться роль моделей предметних областей, незалежних від конкретних реалізацій (не містячих наповнення конкретними даними), тоді як концептуальні схеми повинні «зв'язувати» дані з онтологіями для конкретної інформаційної системи і виділяти з онтології ті її частини, що суттєві для реалізації інформаційної системи. Хоча, й зазначається, що існує цілий ряд онтологій, в яких використовуються саме «конкретні» дані.

В роботі [10] досліджуються можливості зв'язування елементів специфікації схем з онтологіями і пропонується здійснювати анотування об'єктних специфікацій схем онтологічними поняттями.

В роботі [11] аналізуються властивості онтологій і зазначається, що формальні специфікації онтологій можуть частково співпадати з концептуальними моделями (схемами) інформаційної системи.

Важливим висновком з робіт [10-11], є думка, що деякі типи онтологічних відношень пов'язані з концептуальними схемами.

Якщо ж проаналізувати конкретні приклади використання онтологій в інформаційних системах, то ми практично не знайдемо випадків, коли б онтології використовувалися б на етапі проектування. Типовим є використання онтологій, як бази даних та бази знань інформаційної системи. Для прикладу, наведемо дві роботи.

Так, в [12] онтології використовуються як основа для інтеграції географічної інформації в «керованій онтологією» географічній інформаційній системі, яка здатна з онтологій генерувати «знання», використовуючи операції наслідування та включення, а також «ролі» для навігації по онтологіях.

В роботі [13] будуються онтологічна модель для людини, що навчається, на основі якої генерується варіант інтерфейсу (веб сторінки) для відображення навчальної інформації, а також онтологічна модель навчального ресурсу. Онтологічні моделі будуються з використанням мов формального опису онтологій DAML+OIL та RDF.

І лише в роботі [1] пропонується використання деяких універсальних онтологій для побудови моделі частини інформаційної системи – користувацького інтерфейсу і наступної генерації програмних кодів.

Можна зробити наступні висновки із вищевказаних робіт:

- існують пропозиції використовувати онтології на етапі розробки інформаційних систем;

- існує досвід використання онтологій при розробці частини інформаційної системи – користувацького інтерфейсу;
- методи проектування інформаційних систем на основі онтологій не описані, спеціалізовані інструментальні засоби не розроблялися;
- розробка онтологій не має єдиної методологічної основи і здійснюється досить довільно - онтології можуть містити інформацію різних епістеміологічних рівнів – бути моделлю предметної області, або ж містити дані про конкретні об'єкти цієї предметної області та ін.;
- існують пропозиції розмежувати онтологічний рівень представлення інформації про предметну область та рівень концептуальних схем інформаційної системи.

Візьмемо ці висновки за основу і сформулюємо концепцію проектування інформаційних систем на основі онтологій.

В основі даної концепції має лежати використання двох типів моделей:

1. Онтологічної моделі
2. Концептуальної моделі

Під онтологічною моделлю розуміється деяка універсальна модель, що всесторонньо описує інформаційні системи – структуру об'єктів, інтерфейси, функції, сценарії, архітектуру, тощо.

Формування інформації для конкретної інформаційної системи зводиться до виділення підмножини з універсальної онтології й уточненні значень її характеристик. Таким чином, на основі універсальної моделі онтології можна сформувати інформацію для довільної кількості інформаційних систем.

Тут можна провести аналогію з PIM та PSM моделями в концепції MDA. Однак різниця полягає в тому, що «платформно-незалежна» онтологічна модель будується не для конкретної інформаційної системи, а може використовуватися в силу своєї універсальності для проектування різноманітних ІС, нарощуватися і змінюватися, по мірі того, як змінюється текстова інформація, що описує конкретні предметні області.

Така модель має формуватися автоматично за допомогою відповідного інструментального засобу, здатного виявляти онтологічні «образи» з текстів та конвертувати їх з інших онтологій.

Для формування на основі онтологічної моделі концептуальної моделі конкретної інформаційної системи має використовуватися спеціалізоване програмне забезпечення, задачами якого є:

- виділення підмножини з онтологічної моделі, характерної для конкретної предметної області (для якої створюється ІС);
- графічне представлення підмножини онтологічної моделі (на основі UML чи іншої мови моделювання, здатної відобразити всі аспекти ІС), як початкового варіанту концептуальної моделі ІС ;
- надання засобів редагування концептуальної моделі ІС;
- використання кодогенераторів для створення робочих прототипів ІС;
- зворотнє перетворення кодів у концептуальну модель;
- ведення архіву концептуальних моделей та ін.

Ключовим моментом для побудови онтологічної моделі є вибір формальної моделі, що лежатиме в її основі. Ми пропонуємо використовувати з цією метою багатовимірну семантичну модель, викладену в [14] з деякими уточненнями.

Під „багатовимірною” семантичною моделлю розуміється модель:

$$S = \{V_1, V_2, \dots, V_n\}, \quad (1)$$

де V_n - вимір моделі. Кожний вимір є множиною відношень певного типу для різних об'єктів, має свою структуру і характеристики.

Так, вимір таксономії для і-го об'єкта за к-ою ознакою:

$$T_i^k = \langle O_i, A_i^k, \{Z_{ij}^k\} \rangle, \quad (2)$$

де O_i - об'єкт класифікації, A_i^k - класифікаційна ознака, $\{Z_{ij}^k\}$ - множина j-их значень для і-го об'єкта за к-ою ознакою.

Вимір партономії для і-го об'єкта:

$$P_i = \langle O_i, \{A_i\} \rangle, \quad (3)$$

де $\{A_i\}$ - множина атрибутів і-го об'єкта.

Вимір функціональності j для і-ого об'єкта:

$$F_{ij} = \langle O_i, N_{ij}, R_{ij} \rangle, \quad (4)$$

де N_{ij} - назва функції, R_{ij} - тип функціонального зв'язку (по входу чи по виходу), при цьому:

$$F_j = \langle N_j, \{A_{ij}\}, \{A_{ij}^v\}, \{\Phi_j\} \rangle, \quad (5)$$

де $\{A_{ij}\}$ - множина вхідних атрибутів і-их об'єктів для функції j, $\{A_{ij}^v\}$ - множина вихідних атрибутів функції j, $\{\Phi_j\}$ - множина функцій перетворення вхідних атрибутів у вихідні (характеризуються типом і параметрами).

$$C_j = \langle N_j, \{N_j^a\}, \{N_j^p\}, U_j, N_{j-1} \rangle, \quad (6)$$

де C_j - вимір сценаріїв, N_j - функція сценарію, $\{N_j^a\}$ - альтернативні функції, $\{N_j^p\}$ - паралельні функції, U_j - умова виконання, N_{j-1} - попередня функція;

$$I_j = \langle N_j, \{Q_j^v\}, \{Q_j^r\} \rangle, \quad (7)$$

де I_j - вимір інтерфейсів, N_j - назва функції j, $\{Q_j^v\}$ - множина вхідних об'єктів інтерфейсу для функції j, $\{Q_j^r\}$ - множина вихідних об'єктів інтерфейсу для функції j.

Щодо архітектурної моделі, то вона може бути задана як окремо, так і включена до опису сценаріїв та об'єктів.

В рамках моделі виміри можуть бути деталізовані, а також по мірі необхідності задані інші виміри.

Дана модель дозволяє з одного боку однотипно описувати різноманітні інформаційні системи з точки зору ключових онтологічних властивостей [11], їм притаманних. З іншого ж боку вона може бути зв'язана з концептуальною моделлю інформаційної системи, що надасть можливості автоматичної генерації останньої.

Для прикладу, розглянемо побудову виміру таксономії – формула (2) та його перетворення у концептуальну модель ІС. Так, для предметної області «Облік матеріальних цінностей на складі» наявний текст, фрагмент якого поданий на (рис.1)

Все материалы по способу их использования и назначения в производственном процессе можно подразделить таким образом:

- сырье (руда в металлургических производствах, хлопок-сырец в текстильной промышленности и т. п.);
- основные материалы (черные металлы в машиностроении, лес деревообрабатывающей промышленности);
- покупные полуфабрикаты (моторы в станкостроении, шины в автомобилестроении);
- вспомогательные материалы (смазочные материалы, краска, лак, обтирочные материалы и т. д.);
- отходы (стружка, опилки, обрезки труб и т. д.);
- тара (деревянная, картонная, металлическая);
- топливо (дрова, каменный уголь);
- запасные части (отдельные детали машин и оборудования для капитального ремонта);
- малоценные и быстроизнашивающиеся предметы (отвертки, стамески, хозяйственный инвентарь, спецодежда и т. д.).

Кроме того, материалы, классифицируются по техническим свойствам и делятся на группы: черные металлы, прокат, трубы, цветные металлы, химикаты и т. д., всего 42 группы.

Рис 1. Текст предметної області

На основі автоматичного аналізу даного тексту було виявлено два описи таксономій матеріалів:

<материалы, способ использования и назначение, {сырье, основные материалы, ...}>;

<материалы, технические свойства, {черные металлы, прокат, трубы, цветные металлы, ...}>.

Отримані описи включаються в онтологічну модель.

При відображенні онтологічної моделі в концептуальну, вимір таксономії відображається у структуру (і навіть зміст) бази даних наступним чином:

Для назви об'єкта:

$A_i^k \rightarrow$ НАЗВА ОБ'ЄКТА (способы использования и назначение);

Для атрибутів об'єкта:

«КОД» concat НАЗВА ОБ'ЄКТА (код способов использования и назначения);

«НАИМЕНОВАНИЕ» concat НАЗВА ОБ'ЄКТА (наименование способа использования и назначения);

Для екземплярів об'єкта:

екземпляр коду - може формуватися автоматично відповідно до обраного методу кодування, або ж при наявності класифікатора переходити з нього;

$\{Z_{ij}^k\} \rightarrow$ екземпляр назви (сырье, ...).

В результаті отримаємо об'єкти:

Способы использования и назначение (код способов использования и назначения, наименование сособа использования и назначения);

Технические свойства (код технического свойства, наименование технического свойства).

Крім цього, A_i^k буде також партономічною характеристикою (кожний матеріал може бути віднесений до певної таксономії, а отже, і включати відповідну властивість).

Тобто, при подальшому аналізі і перетворенні виміру партономії в концептуальну схему, для об'єкта *Номенклатура материалов* будуть включені не лише (код материала, наименование, единица измерения) але й код способів використання і назначення та код технічного свойства.

Висновки.

У статті проаналізовано ряд публікацій на предмет використання онтологій при проектуванні інформаційних систем. В результаті виявлено, що існує практика використання онтологій при функціонуванні ІС і лише в роботі [1] онтології використовуються для проектування частини інформаційної системи – інтерфейсу користувача.

Запропонована концепція проектування ІС на основі онтологій, що передбачає побудову двох типів моделей: онтологічної і концептуальної, які всебічно описують проектувану систему, базуючись на ряді онтологічних властивостей.

Вказано на необхідність автоматизованої побудови універсальної онтологічної моделі.

Запропоновано використання багатовимірної семантичної моделі для формального опису універсальної онтології.

Описано функціональні вимоги до спеціалізованого програмного забезпечення підтримки процесів проектування на основі онтологій.

Показано можливості відображення онтологічної моделі в концептуальну схему інформаційної системи.

Подальші дослідження в даному напрямку пов'язані із:

- уточненням багатовимірної семантичної моделі на основі виявлення онтологічних «образів» в текстах,
- розробкою графічних методів представлення «вимірів» універсальної онтології та ін.

Л і т е р а т у р а

1. Gribova V., Kleshchev A. From an ontology-oriented approach conception to user interface development International //Journal Information theories & applications. 2003. vol. 10, num.1, p. 87-94
2. MDA Guide Version 1.0. Joaquin Miller and Jishnu Mukerji (eds.), 2003. http://www.omg.org/mda/mda_files/MDA_Guide_Version1-0.pdf
3. Bernhard R. Katzy, Gordon Sung. State-of –the –Art of Virtual Organization Modeling. eChallenges Conference – Building the Knowledge Economy, Bologna, Italien, 22.-24. October 2003
4. Клещев А.С., Артемьева И.Л. Математические модели онтологий предметных областей. Часть 1. Существующие подходы к определению понятия «онтология»// Научно-техническая информация, серия 2 «Информационные системы и процессы», 2001, №2, с.20-27

5. Guarino, N. Formal Ontology and Information Systems, in N. Guarino (Ed.) Formal Ontology in Information Systems, Amsterdam, Netherlands: IOS Press, (1998) pp. 3-15.
6. Hirschheim, R. A., H.-K. Klein, and K. Lyytinen (1995) Information Systems Development and Data Modeling: Conceptual and Philosophical Foundations. Cambridge; New York: Cambridge University Press.
7. Sowa, J. (2000) Knowledge Representation: Logical, Philosophical, and Computational Foundations. Pacific Grove, CA: Brook/Cole.
8. Tsichritzis, D. and A. C. Klug (1978) "The ANSI/X3/SPARC DBMS Framework Report of the Study Group on Database Management Systems," Information Systems (3) 3, pp. 173-191.
9. Fonseca, F. and J. Martin (2007) "Learning the Differences Between Ontologies and Conceptual Schemas Through Ontology-Driven Information Systems," JAIS - Journal of the Association for Information Systems - Special Issue on Ontologies in the Context of IS Volume 8, Issue 2, Article 3, pp. 129–142, February 2007
10. Скворцов Н. А. Связывание объектных спецификаций по семантике онтологического уровня // Труды 8-ой Всероссийской научной конференции "Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции" - RCDL'2006, Суздаль, Россия, 17-19 октября, 2006.
11. Шалфеева Е.А., Грибова В.В. Внутренние свойства онтологий // Труды IV Международной конференции "Идентификация систем и задачи управления» SICPRO'05. Москва, 25-28 января 2005 г., М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2005, с.1109-1128
12. Fonseca F.T. Ontology-driven geographic information systems. Thesis. The Graduate School. The University of Maine. May, 2001
13. Келеберда И.Н., Лесная Н.С., Репка В.Б. Использование мультиагентного онтологического подхода к созданию распределенных систем дистанционного обучения. // Educational Technology & Society, № 7(2), 2004. ISSN 1436-4522.
14. Козак І.А. Модель опису онтології інформаційних систем віртуальних організацій // Друга науково-практична конференція з міжнародною участю „Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС'2007". Тези доповідей. – Київ.-2007. -25-29 червня 2007 р. сс.93-96.

УДК 531.3: 620.1

Козуб Г.А., Толк В.А.

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ПОЛЯ ДИССИПАТИВНОГО РАЗОГРЕВА МНОГОСЛОЙНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В статье представлена методика решения связанной задачи термоупругости для слоистых композитных конструкций с учетом анизотропии физико-механических свойств материала.

Одной из актуальных задач механики деформируемого твердого тела является определение температурных полей диссипативного разогрева многослойных анизотропных конструкций. Моделирование напряженно-деформированного состояния (НДС) инженерных объектов и автоматизация проектных расчетов различных элементов конструкций требует создания эффективных и надежных алгоритмов и пакетов прикладных программ.

Учитывая различные способы распространения тепла в конструкциях, разработаны различные методы и математические модели решения задач. Распространение тепла может проходить за счет теплопроводности, конвекции и излучения. При первом способе распространения тепла, когда тепло передается через само вещество (теплопроводности), происходит из-за неравномерно-

го распределения температур в различных частях тела и сопровождается возникновением направления потока тепла и плотности потока тепла (отнесенного к единице площади количества проходящего через площадку тепла в единицу времени). Распространение тепла за счет относительного движения частиц нагретого тела всегда сопровождается возникновением в теле температурных напряжений и деформаций. Существующая зависимость теплофизических постоянных материала от температуры и времени, зависимость температуры от времени, различных факторов связей между полями напряжений и деформаций, связи тепловых и электромагнитных полей и т.д. привели к разработке современных математических моделей решения связанных и несвязанных задач термоупругости.

При решении связанных задач термоупругости для конструкций из анизотропных материалов применяются различные теории и подходы, которые базируются на соотношениях связанной задачи термовязкоупругости, полученных А.А. Ильюшиным, Б.Е. Победрей [1], А.Д. Коваленко [2], В.Г. Карнауховым [3, 4], И.К. Сенченковым, Я.А. Жуком [5] и др. Одним из важных критериев исследования вязкоупругих тел с неравномерным температурным полем, является учет зависимости от температуры физических и теплофизических характеристик материала: модуля упругости или модуля сдвига, коэффициента температурного расширения и коэффициента теплопроводности. В этом случае решается связанная задача термовязкоупругости.

Описание НДС композиционных элементов осуществляется с помощью соотношений, учитывающих специфические особенности анизотропных материалов, связывающими напряжения и деформации, обобщенные на случай учета температуры.

При использовании связанной линейной модели температурное и термоупругое состояния определяются решением системы, которая состоит из уравнения теплопроводности, классических уравнений движения.

$$C_{ijkl}u_{k,lj} - \beta_{ij}T_{,j} + X_i = \rho\ddot{u}_i ; \quad (1)$$

$$\lambda_{ij}T_{,ij} - \beta_{ij}T_0\dot{\epsilon}_{ij} + w = c_\epsilon\dot{T} . \quad (2)$$

Одним из важных факторов при исследовании термоупругих тел температурная зависимость физико-механических характеристик материала: модуля упругости или модуля сдвига, коэффициента температурного расширения, коэффициента теплопроводности.

Достаточно часто задача термоупругости решается в предположении, что в уравнении теплопроводности можно пренебречь слагаемым, зависящим от скорости деформации, т.е. задача, рассматривается в несвязанной постановке. В некоторых случаях это приводит к положительным результатам. Но в большинстве случаев, например, при резком изменении температурного поля, для термочувствительных материалов, для вязкоупругих или упругопластических материалов необходимо учитывать влияние скорости деформации и изменения объема на распределение температур, т.е. рассматривать задачу в связанной постановке. В общем случае получение аналитического решения очень сложно и проблематично, поэтому особый интерес представляют приближенные методы решения, в частности метод конечных элементов (МКЭ).

Целью работы является разработка методики численного решения связанной задачи термоупругости анизотропных конструкций на основе МКЭ.

Создание программных комплексов позволяет автоматизировать все вычислительные процессы и свести к минимуму количество задаваемой исходной информации.

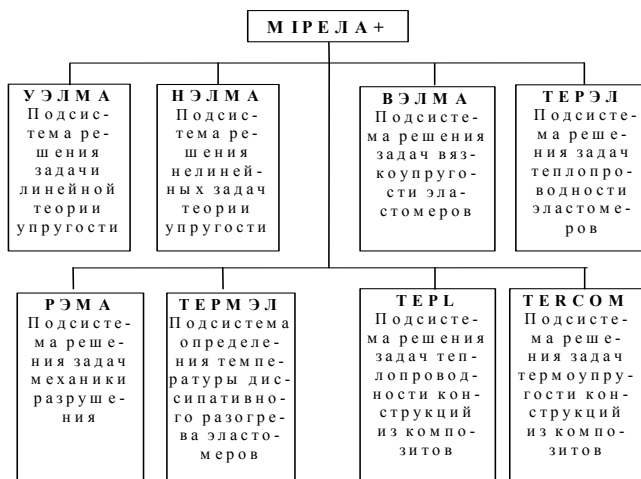


Рис. 1. Структура вычислительного комплекса МИРЕЛА+

Для решения связанных задач термомеханики конструкций из слоистых композитов разработаны подсистемы TEPL и TERCOM, которые являются развитием комплекса МИРЕЛА+[6] и используют базовые программы этого комплекса (Рис.1). Подсистема TEPL позволяет решать задачи теплопроводности композитных конструкций. Подсистема TERCOM позволяет решать задачи определения температуры диссипативного разогрева композитных элементов конструкций при циклическом деформировании.

Рассмотрим процесс определения температуры диссипативного разогрева (саморазогрева) композитных конструкций как решение связанной задачи термоупругости для установившегося режима циклического деформирования и теплообмена с окружающей средой. Вариационная формулировка задачи имеет вид

$$\iiint_V \delta F dv - \iiint_V \bar{P} \delta \bar{u} dv - \iint_S \bar{q} \delta \bar{u} ds = 0 \quad (3)$$

$$\begin{aligned} & \iiint_V c_\epsilon (T - T_0) \delta T dv + \iiint_V \beta_{ij} (T - T_0) \delta \epsilon_{ij} dv = \\ & = \iiint_V \lambda^{ij} T_{,i} \delta T_{,j} dv + \iiint_V w_0 \delta T dv + \iint_S [q + h(T - \theta)] \delta T ds \end{aligned} \quad (4)$$

При этом полагается, что напряженное состояние существенно зависит от координат, следствием чего поле источников тепла и температуры является неоднородным. Для решения связанной задачи термоупругости используется метод последовательных приближений[7,8]. В этом случае задача теплопроводности становится нелинейной, так как матрица $[H]$ и вектор эквивалентной тепловой нагрузки $\{R\}$ становятся зависимыми от температуры. Для решения используется метод последовательных приближений.

1. Из решения задачи упругости

$$[K^{ij}] \{u_j\} = \{P^i\} \quad (5)$$

определяется вектор узловых перемещений $\{u_i\}$ при заданной амплитуде колебаний. Вектор правой части $\{P^j\}$ определяется по матрице жесткости $[K^{ij}]$ и гра-

ничным условиям в виде перемещений на поверхности КЭ. Для отдельного КЭ вектор внутренних усилий определяется по формуле

$$\{P^s\} = [A]^T [F_{ij}^s]^T [E^{ijkl}] [F_{kl}^t] [A] \{u_t\}^{(P)} \quad (6)$$

2. Для определения мощности внутренних источников теплообразования необходимо определить величину рассеянной энергии за цикл нагружения.

Использование простейших гипотез об однородности поля перемещений в направлении армирования и однородности поля обобщенных сил для сдвиговых напряжений и напряжений, нормальных к волокнам, позволяет вычислять мощность внутренних источников теплообразования как осредненную величину для k -го слоя, равную диссипированной энергии. В общем случае удельная величина рассеянной энергии равна сумме потерь энергии в армирующем волокне и связующем (резине) с учетом их объемного содержания

$$\Delta W = \mu \Delta W_c + (1 - \mu) \Delta W_r, \quad (7)$$

где μ - объемное содержание армирующего материала.

Армирующее волокно полагаем идеально упругим. Резина обладает достаточно хорошо выраженными вязкоупругими свойствами. Закон состояния можно представить в виде

$$\sigma_{ij}(t) = \sigma_0^{ij} \left[\sin \omega t - \int_{-\infty}^t R(t - \tau) \sin \omega \tau d\tau \right], \quad (8)$$

где $\sigma_0^{ij} = C_0^{ijkl} \varepsilon_{kl}^0$ - амплитудное значение напряжений.

В качестве ядер релаксации могут выступать ядро Ржаницына или дробно-экспоненциальная функция Работнова.

В процессе циклического деформирования работа вычисляется за один цикл нагружения конструкции $t = 2\pi/\omega$ по формуле

$$dW = \sigma^{ij} \dot{\varepsilon}_{ij} dt. \quad (9)$$

При циклическом деформировании зависимость скорости деформации $\dot{\varepsilon}_{ij}$ является гармонической функцией $\dot{\varepsilon}_{ij} = \omega \varepsilon_{ij}^0 \cos \omega t$.

Подставив $\sigma^{ij}(t)$ и $\dot{\varepsilon}_{ij}$ в выражение (9) и проинтегрировав, получим

$$W = \omega \sigma_{ij}^0 (1 - R_c) \int_0^{2\pi/\omega} \sin \omega t \cos \omega t dt + \omega \sigma_{ij}^0 \varepsilon_{ij}^0 R_s \int_0^{2\pi/\omega} \cos^2 \omega t dt, \quad (10)$$

$$\text{где} \quad R_c = \int_0^{\infty} R(z) \cos \omega z dz, \quad R_s = \int_0^{\infty} R(z) \sin \omega z dz.$$

Первый интеграл в выражении (10) за цикл колебания равен нулю, а второй представляет собой необратимую работу.

Тогда за один период колебаний количество энергии в единице объема составит

$$\Delta W = (1 - \mu) \pi \sigma_{ij}^0 \varepsilon_{ij}^0 R_s. \quad (11)$$

Мощность внутренних источников теплообразования, если учесть, что большая доля поглощаемой энергии трансформируется в тепловую, можно принять равной среднему значению энергии, рассеянной за один цикл колебаний.

3. Из решения задачи теплопроводности

$$\delta W = \delta\{T\} [H] \{T\} + \delta\{T\} [H^{(s_2 t_2)}] \{T\} + \delta\{T\} \{P\} + \delta\{T\} \{S\} = 0 \quad (12)$$

определяется поле температур.

Система разрешающих уравнений теплопроводности с использованием метода последовательных приближений записывается в виде

$$[H(T_{(k-1)})]\{T_{(k)}\} = -\{R_{(k-1)}\}. \quad (13)$$

Итерационный процесс решения задачи продолжается до тех пор, пока не будет достигнута заданная точность вычисления ε по условию

$$\left| \frac{\{T_{(k)}\} - \{T_{(k-1)}\}}{\{T_{(k)}\}} \right| \leq \varepsilon. \quad (14)$$

Для достижения заданной точности обычно достаточно двух-трех итераций.

В том случае, когда физико-механические свойства материала зависят от температуры, на каждой итерации производится пересчет компонент тензоров упругих характеристик теплопроводности, а также компонент матриц жесткости и теплопроводности конструкции.

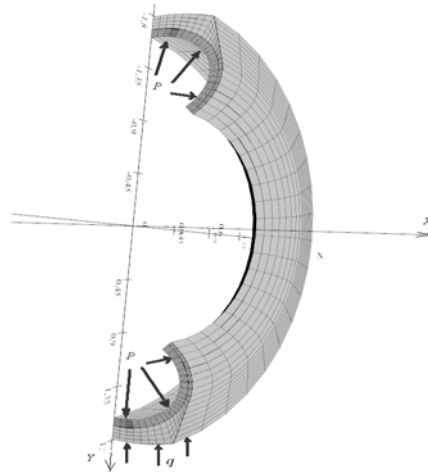


Рис. 2. Расчетная схема шины под внутренним давлением и осевой нагрузкой

Задача 1. Технологические условия эксплуатации карьерных самосвалов предусматривает использование шин с повышенными техническими характеристиками. Рассмотрим несколько шин типа 18.00, серий «90», «75», «65», которые отличаются друг от друга соотношением высоты и ширины профиля. Построим зависимость максимальной температуры от отношения Н/В шин при скорости качения 25км/ч. Геометрические характеристики шин: наружный диаметр $D= 1,512$ (м), ширина профиля $B= 0,48; 0,585; 0,68$ (мм), высота профиля $H= 0,439$ (м), ширина беговой дорожки по хорде $b=0,39; 0,495; 0,59$ (м). Распределение напряжений и температурные поля в шинах при определенных соотношениях высоты и ширины профиля, возникающие при различной осевой нагрузке показаны на рис. 3-8.

Результаты решения задачи достаточно близко совпадают с данными работы [9], исследована и установлена зависимость максимальной температуры саморазогрева для различных типоразмеров шин при различной осевой нагрузке при скорости качения 25км/ч. Максимальная температура разогрева шины наблюдается вблизи кромок брекера. Исследованы распределения напряжений в слоях брекера и каркаса.

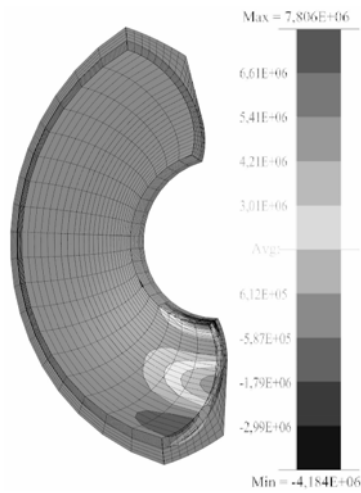


Рис. 3. Распределение напряжений σ_{11}

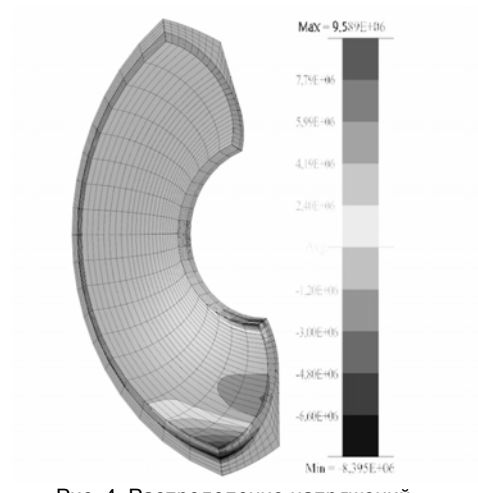


Рис. 4. Распределение напряжений σ_{12}

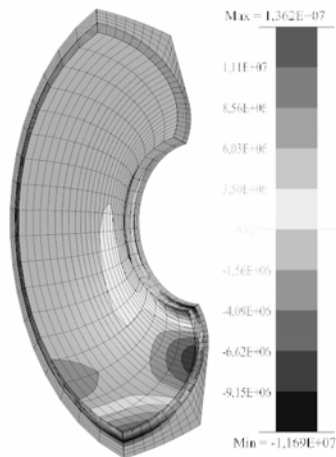


Рис. 5. Распределение напряжений σ_{33}

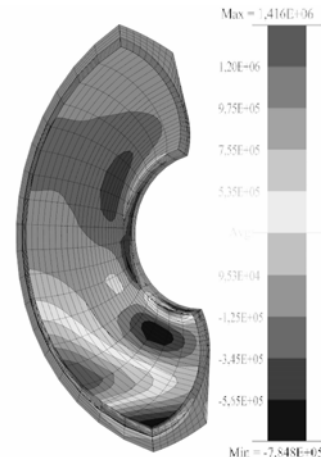


Рис. 6. Распределение напряжений σ_{23}

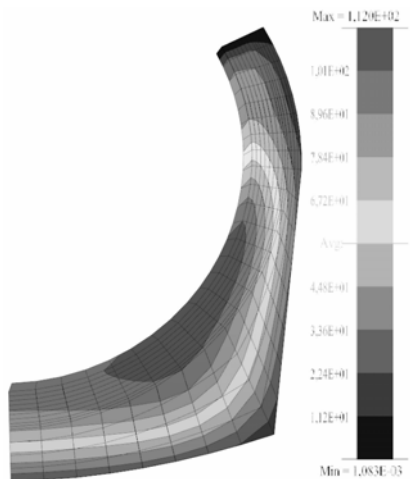


Рис. 7. Распределение температур

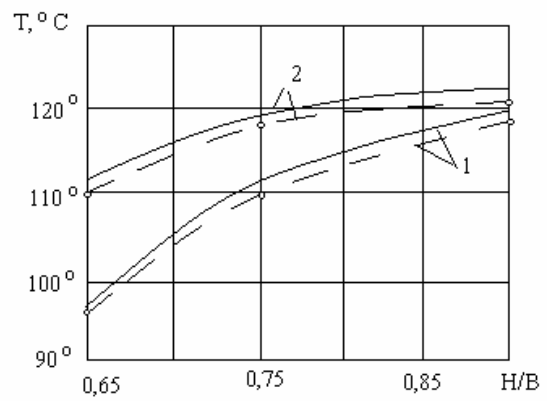


Рис. 8. Зависимость максимальной температуры от отношения H/B шин типа 18.00 при скорости качения 25км/ч.

1 – решение при нагрузке 80кН;
2 – решение при нагрузке 100кН

Выводы. Предложенная методика, моделирующая поведение слоистых композитных конструкций, реализована в виде пакета прикладных программ «TERCOM» вычислительного комплекса МИРЕЛА+ позволяет рассчитать связанные термомеханические поля в трехмерной постановке. Полученные результаты позволяют провести диагностику рабочего режима эксплуатации шины, оценить ее ресурс, а также уже на этапе проектирования оптимизировать геометрические и физические параметры шины. В случае установившегося режима качения шины теплообразование определяется исключительно режимом нагружения и гистерезисными свойствами материалов шины и практически не зависит от случайных факторов внешнего воздействия. В этом случае можно считать теплообразование и температуру показателями, характеризующими работоспособность шины, что дает возможность оценить ее ресурс.

Методика анализа напряженно-деформированного и теплового состояний позволяет на стадии проектирования шины учитывать влияние условий эксплуатации для создания рациональной конструкции шины с точки зрения ее долговечности за счет выбора геометрии профиля шины и ее материалов.

Л и т е р а т у р а

1. Победря Б.Е. Связанные задачи термовязкоупругости. // Механика полимеров - 1969. - №3. - С.415 - 421.
2. Коваленко А.Д. Основы термоупругости. – К.: Наукова думка, 1970.–307с.
3. Карнауов В.Г. Связанные задачи термовязкоупругости .-К.: Наукова думка, 1982, 280с.
4. Карнауов В.Г., Киричок И.Ф. Связанные задачи теории вязкоупругости пластин и оболочек – К.: Наукова думка, 1986.–221с.
5. Жук Я.А., Сенченков И.К. Связанное термомеханическое поведение трехслойной вязкопластической балки при гармоническом нагружении // Прикладная механика. – 2001. –Т.37,№1. – С.93–99.
6. Метод конечных элементов в вычислительном комплексе «МИРЕЛА+» // Под общ.ред. Киричевского В.В. –К.: Наук.думка, 2005. – 403с.
7. Толоч В.А., Гоменюк С.И., Козуб Г.А. Метод конечных элементов для моделирования слоистых конструкций // «Вісник СНУ»- Луганськ: СНУ ім.Даля, №12(118) – часть I. – 2007г. – С.143-147.
8. Толоч В., Козуб Г., Грибанов В. Розв'язання задач термопружності шаруватих конструкцій у тривимірній постановці // машинознавство. – 2007. – №1. – с.3-7.
9. Скорняков Э.С. Теория моделирования сверхкрупногабаритных шин // Днепрпетровск, ДГУ. — 1992. — 32с.

Andrey I. Kondrat'yev

CALCULATION OF STATIC STRESSES AND STRAINS IN HIGH PRESSURE SENSOR

We systematically derive model describing strains and stresses in uniaxial compression of ^{13}C Diamond Layer in diamond anvil cell device. We systematically use Birch's and Nielsen's results for describing behavior of diamond anvil and diamond layer under compression. The model is based on the Lagrangian approach. We also derive finite element model and computer simulation model for this sensor. This sensor is used for high pressure and high temperature research

Introduction. On Fig.1 ^{13}C Layer in diamond anvil cell (DAC) device is shown. For geometrical description we use the symmetry. On Fig.2 the initial configuration at ambient pressure is shown, on Fig.3 the compressed configuration is presented. We consider the cylindrical system of coordinates (r, θ, z) and also make approximation and consider diamond anvil to have spherical and conical shapes to simplify our calculations.

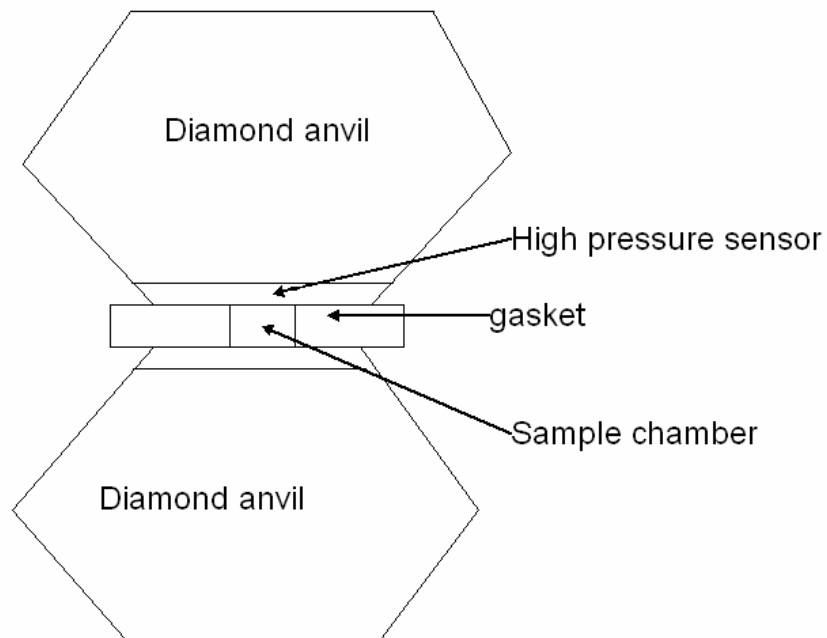


Fig.1. DAC device with ^{13}C Layer as high pressure sensor

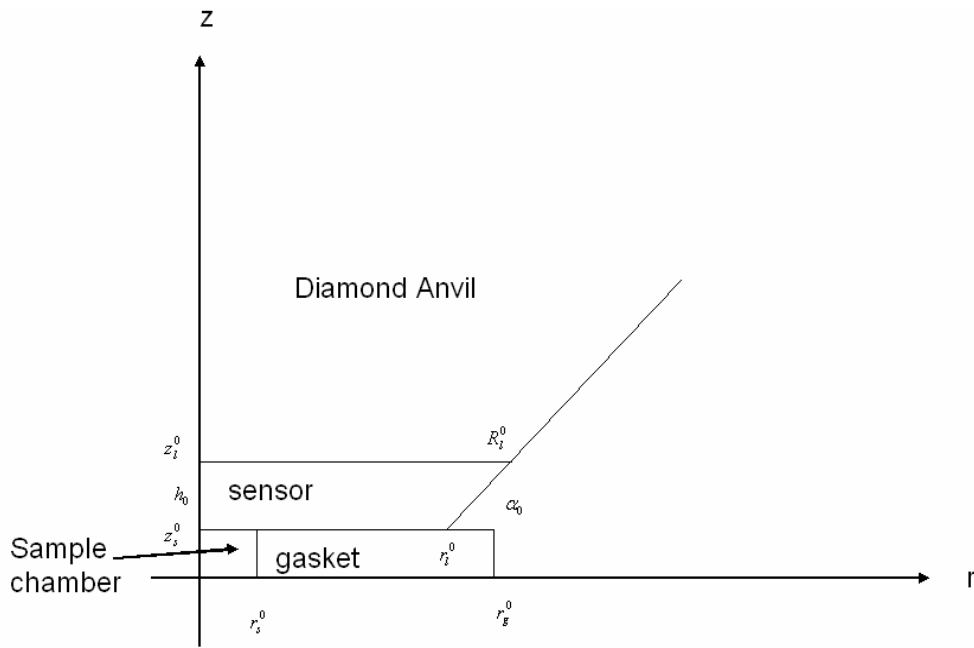


Fig.2.The initial geometric configuration at ambient pressure

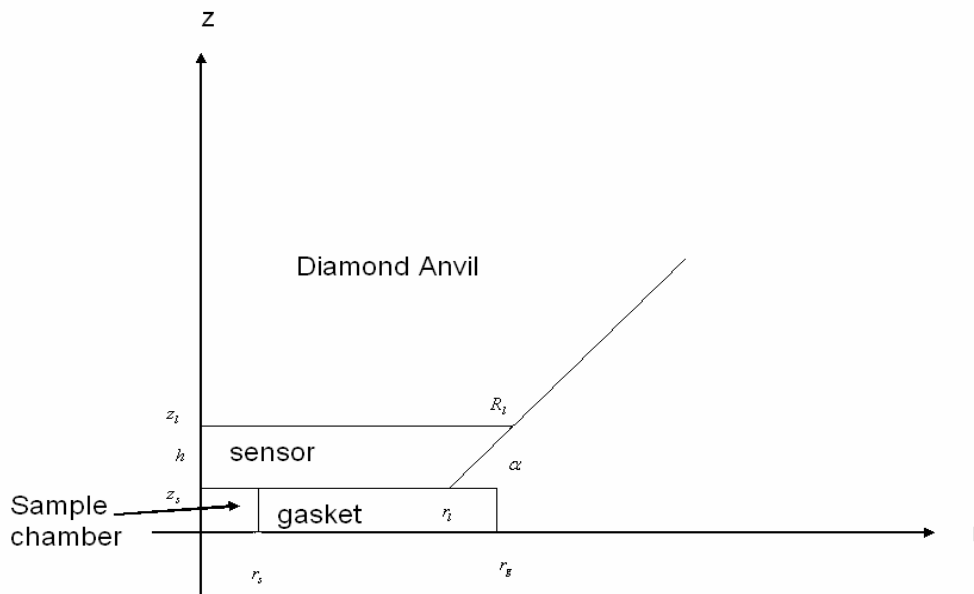


Fig.3.The compressed configuration of high pressure sensor

Let's consider Lagrangian approach, we also consider only static strains and stresses and that's why for us the motion and the time of the motion isn't important. In this case the Lagrangian approach is rather attractive to be used. We also consider

the uniaxial compression in z direction. Let \vec{t}, η_r, η_z be a stress tensor and strain in r and z direction. Poisson's ratio ν_s, ν_l, ν_g will be defined in usual way, where symbol s means sample, l layer and g gasket material.

$$\vec{t} = \begin{pmatrix} t_{rr} & 0 & 0 \\ 0 & t_{\theta\theta} & 0 \\ 0 & 0 & t_{zz} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} P & 0 & 0 \\ 0 & P & 0 \\ 0 & 0 & P \end{pmatrix} + \frac{2}{3} \begin{pmatrix} -\tau & 0 & 0 \\ 0 & -\tau & 0 \\ 0 & 0 & 2\tau \end{pmatrix},$$

$$t_{rr} = t_{\theta\theta} = t_r; t_{zz} = t_z; P = \frac{1}{3}(2t_r + t_z); \tau = \frac{1}{2}(t_z - t_r)$$

where τ is the shear stress and P is pressure or the mean normal stress
For strains and stresses we have using [1]

$$t_z = C_{zz} \cdot \eta_z + \frac{1}{2} C_{zzz} \cdot (\eta_z)^2; t_r = C_{z\theta} \cdot \eta_z + \frac{1}{2} C_{z\theta\theta} \cdot (\eta_z)^2.$$

We define yield strength of the material as σ_y and consider the following linear dependence, i.e. $\sigma_y = \sigma_{y,0} + a_y \cdot P$, where $\sigma_{y,0}$ is the yield strength at the ambient pressure and a_y is a constant defined by the material properties.

We will be using the Birch [2] equation of state for each material.

$$P = \frac{3}{2} B \left[\left(\frac{V}{V_0} \right)^{-7/3} - \left(\frac{V}{V_0} \right)^{-5/3} \right] \cdot \left[1 + \frac{3}{4} (B' - 4) \cdot \left[\left(\frac{V}{V_0} \right)^{-2/3} - 1 \right] \right],$$

where B is a Bulk modulus of the material and $B' = \frac{dB}{dP}$.

Notice that we will use upper indexes thus pointing to sample, layer or gasket.

Description of the Sample Region and Material in the Sample Region

Using Fig.2 and 3 we can find the ratio

$$\frac{V}{V_0} = \frac{\pi \cdot r_s^2 \cdot h_s}{\pi \cdot (r_s^0)^2 \cdot h_s^0} = \left(\frac{r_s}{r_s^0} \right)^2 \cdot \left(\frac{h_s}{h_s^0} \right),$$

Notice that from definitions

$$\eta_r = \frac{r_s - r_s^0}{r_s^0} = \frac{r_s}{r_s^0} - 1; \frac{r_s}{r_s^0} = \eta_r + 1; \frac{h_s}{h_s^0} = \eta_z + 1; \eta_r = \nu_s \cdot \eta_z.$$

As the result we have for the sample region

$$\frac{V}{V_0} = (v_s \cdot \eta_z^s + 1)^2 \cdot (\eta_z^s + 1)$$

We use now the expressions for stress tensor components for the sample region using Nielsen results in [1]. As the result we have the following

$$t_z^s = C_{zz}^s \cdot \eta_z^s + \frac{1}{2} C_{zzz}^s \cdot (\eta_z^s)^2; \quad t_r^s = C_{z\theta}^s \cdot \eta_z^s + \frac{1}{2} C_{zr\theta}^s \cdot (\eta_z^s)^2$$

For the sample region shear stress and pressure will be

$$\tau^s = \frac{1}{2} (C_{zz}^s - C_{z\theta}^s) \cdot \eta_z^s + \frac{1}{2} (C_{zzz}^s - C_{zr\theta}^s) \cdot (\eta_z^s)^2,$$

$$P^s = \frac{1}{3} (2C_{z\theta}^s + C_{zz}^s) \cdot \eta_z^s + \frac{1}{6} (2C_{zr\theta}^s + C_{zzz}^s) \cdot (\eta_z^s)^2.$$

Notice the restriction for the shear stress

$$\tau^s \leq \frac{\sigma_y^s}{2}$$

We also consider the yield strength of the material (in this case the sample material) to be a function of pressure

$$\sigma_y^s = \sigma_{y,0}^s + a_y^s \cdot P^s$$

We use now the Birch [2] equation of state for the sample material for found above ratio $\frac{V}{V_0}$ for the sample material. Using both definitions of pressure as well as restrictions on yield strength allows us to calculate values of radial and axial strains for the sample material. Notice also that as the result the pressure at the sample/layer interface will be also calculated.

Description of the Gasket Region and Gasket Material

According Fig.2 and 3 we have the following

$$V_0 = \pi \cdot h_s^0 \cdot [(r_g^0)^2 - (r_s^0)^2]; \quad V = \pi \cdot h_s \cdot [(r_g)^2 - (r_s)^2],$$

Using definitions of Poisson's ratio ν_g for the gasket material and gasket strains in radial and axial directions we have

$$\frac{h_s}{h_s^0} = \eta_z^s + 1; \frac{r_g}{r_g^0} = \eta_r^g + 1; \frac{r_s}{r_s^0} = \eta_r^s + 1; \eta_r^g = \nu_g \cdot \eta_z^g,$$

$$r_s = r_s^0 \cdot (\eta_r^s + 1) = r_s^0 \cdot (\nu_s \cdot \eta_z^s + 1); r_g = r_g^0 \cdot (\nu_g \cdot \eta_z^g + 1);$$

The following ratio

$$\frac{V}{V_0} = (\eta_z^s + 1) \cdot \left[\frac{(r_g^0)^2 \cdot (\nu_g \cdot \eta_z^g + 1)^2 - (r_s^0)^2 \cdot (\nu_s \cdot \eta_z^s + 1)^2}{(r_g^0)^2 - (r_s^0)^2} \right]$$

will be used in the equation of state for the gasket material.

Notice that ratio will be used in the Birch equation of state gasket material and thus

pressure in the gasket P^g will be found. Using Lagrangian approach we have

$$\tau^g = \frac{1}{2}(C_{zz}^g - C_{z\theta}^g) \cdot \eta_z^g + \frac{1}{2}(C_{zzz}^g - C_{zr\theta}^g) \cdot (\eta_z^g)^2,$$

$$P^g = \frac{1}{3}(2C_{z\theta}^g + C_{zz}^g) \cdot \eta_z^g + \frac{1}{6}(2C_{zr\theta}^g + C_{zzz}^g) \cdot (\eta_z^g)^2$$

The values of the strain in axial direction for gasket material can also be evaluated from the following equation

$$\tau_g \leq \frac{\sigma_y^g}{2}$$

Notice that gasket yield strength is a function of pressure

$$\sigma_y^g(P) = \sigma_{y,0}^g + a_y^g \cdot P^g.$$

Solving the equations for pressure in the gasket material using Lagrangian approach and Birch equation of state and equation for shear stress we obtain thus the values of axial and radial strains. Notice that as the result the pressure at gasket/layer interface will be calculated.

Description of Geometry and Material Properties of ^{13}C Diamond Layer
Using Fig.2 and 3 we have

$$V_0 = \pi \cdot (h_l^0 + r_l^0 \cdot \tan \alpha_0) \cdot (r_l^0 + h_l^0 \cdot \cot \alpha_0)^2 - \pi \cdot (r_l^0)^3 \cdot \tan \alpha_0,$$

$$V = \pi \cdot (h_l + r_l \cdot \tan \alpha) \cdot (r_l + h_l \cdot \cot \alpha)^2 - \pi \cdot (r_l)^3 \cdot \tan \alpha$$

Using definitions of strains in axial and radial directions for the layer material and definition of Poisson's ratio we obtain

$$r_l = r_l^0 \cdot (\nu_l \cdot \eta_l^z + 1); h_l = h_l^0 \cdot (\eta_l^l + 1); R_l = R_l^0 \cdot (\nu_l \cdot \eta_l^z + 1)$$

Notice that the bevel angle will change after compression, i.e.

$$\tan \alpha = \frac{h_l^0 \cdot (\eta_l^z + 1)}{(R_l^0 - r_l^0) \cdot (v_l \cdot \eta_l^z + 1)}; \tan \alpha_0 = \frac{h_l^0}{R_l^0 - r_l^0}; \alpha \neq \alpha_0.$$

Notice that the ratio $\frac{V}{V_0}$ necessary for the Birch equation of state of the layer

material will be easily found after we substitute all expressions written above.

We repeat the same line as before writing the expressions for pressure and shear stress using the Lagrangian approach. Using also the Birch equation of state allows us to find all radial and axial strains for the diamond layer. As the result the pressure at the layer interface will be calculated.

Description of Boundary Conditions

Calculations of pressures for sample, gasket and layer allowed us to estimate the pressure at the sample/layer and gasket/layer interface. We plan to use these analytical expressions in our finite element simulation of this problem. Notice that earlier we analytically analyzed the influence of the bevel angle and radius tip on the average pressure in the layer.

Conclusions. Main result: we analytically estimated using reasonable approximations the strains and stresses in DAC device used as high pressure sensor.

I appreciate Dr. Yogesh Vohra and Dr. Wei Qui for fruitful consultations.

References

1. H. Nielsen, Phys.Rev. B, **34**, 5808 (1986).
2. F. Birch, Phys.Rev. **71**, 809 (1947).

УДК 681.5:004.78

Мазурок Т.Л.

АВТОМАТИЗАЦІЯ КОНФІГУРУВАННЯ ПРОЦЕСІВ НАВЧАННЯ НА ОСНОВІ КОМПОНЕНТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

В статті представлені результати дослідження процесу конфігурування навчальних об'єктів на основі ієрархічних моделей монопредметних навчальних об'єктів та моделі міжпредметних зв'язків. Запропоновано схему автоматизації управління процесом конфігурування на основі нейро-нечіткої моделі визначення ступеня інтеграції та еволюційною ідентифікації відповідних компетенцій. Наведено результати комп'ютерних експериментів.

Вступ. Стратегія розвитку інформаційного суспільства на сучасному етапі передбачає послідовний перехід до суспільства знань. Магістральним напрямком цього процесу є створення засобів для забезпечення високоякісною освітою кожної категорії та всі шари населення. Високоякісна освіта в інформаційному суспільстві – це незупинний процес, що обумовлений необхідністю постійного оновлення досягнутої освіти на основі нових знань [1]. Створення умов для безперервного навчання та підвищення ефективності будь-яких інших форм навчання вимагає розвитку системного впровадження засобів інформаційно-

комунікаційних технологій, яке спрямоване, перед усім, на вдосконалення автоматизованих засобів управління навчанням. Кібернетичний підхід до управління навчанням розглядає процес формування послідовності управляючих впливів на об'єкт управління (особу, що навчається) як адаптаційний, створює методологічну основу щодо забезпечення індивідуалізованого навчання.

Постановка проблеми в загальному вигляді. Потреба в значному обсязі високоякісних електронних навчальних ресурсів при зменшенні термінів їх проектування та створення з урахуванням вимог до можливості автоматизованої індивідуалізації, обумовлює проблему автоматизованого формування гнучких навчальних послідовностей на основі конфігурування з уніфікованих модулів.

Аналіз останніх досліджень. Вдосконалення засобів управління в автоматизованому навчанні пов'язано з об'єднанням досягнень інформаційних технологій з сучасними дидактичними вимогами та потребує розробки математичних моделей та методів для їх цілісного осягнення, дослідження і проектування. Аналіз систем управління навчанням (Learning Management System, LMS) показав зосередженість на питаннях адміністрування та організації навчального процесу. Водночас постає актуальним питання управління змістом навчання, що підтверджується появою окремого класу систем, що здійснюють управління навчальним контентом (Learning Content Management System, LCMS) [2]. Функціонування LMS і LCMS та їх взаємодія базуються на дотриманні стандартів. До переліку провідних організацій, які займаються проблемами стандартизації електронного навчання відносяться: міжнародна асоціація AICC, консорціум IMS, комітет з стандартизації освітніх технологій LTSC, ініціатива розподіленого навчання ADL. Основу специфікації метаданих становить концептуальна схема Learning Object Metadata (LOM). Концепція використання навчальних об'єктів з метою динамічного агрегування дозволяє гнучко налагоджувати контент до персональних навчально-орієнтованих потреб особи, що навчається. Не зважаючи на безсумнівну продуктивність цього підходу практика створення навчальних ресурсів показала деякі недоліки. Серед них наступні: відсутність автоматизації формування курсів викладачем; неоднозначне трактування поняття «навчальний об'єкт», відрив його від дидактичної одиниці змісту; орієнтація існуючих технологій на формування моно предметних електронних курсів та відсутність підтримки інтеграції.

Фундаментом вітчизняних досліджень інформаційної технології «навчальні об'єкти» є розвиток ідеї академіка Глушкова В.М. Гриценко В.І., Манако А.Ф. та ін. Дослідженнями створення інтегрованого простору знань займається група вчених НДІ освітніх технологій Московського державного університету економіки, статистики та інформатики під керівництвом Тельнова Ю.Ф. [3] Однак, до невирішених і актуальних питань вказаної проблеми відноситься дослідження моделей конфігурування компонент навчального процесу, як складової частини адаптивного управління навчанням.

Ціль статті полягає в дослідженні структури навчальних об'єктів, що підлягають конфігурації, розробці моделі та засобів реалізації автоматизованого конфігурування компонент навчального процесу.

Структура навчальних об'єктів. Не зважаючи на значну кількість регламентуючих документів, що розроблені організаціями AICC, IMS, LTSC, ADL та ін., на теперішній час жоден з цих документів не має статусу стандарту, який є офіційно затвердженим. Крім того, серед вітчизняних розробників інформаційних освітніх систем існує декілька поглядів щодо концептуальних напрямків використання інтероперабельних об'єктів. На наш погляд, концепція формування навчальних об'єктів повинна узгоджуватись з особливостями управління процесом навчання в загалом, відображати існуючі та перспективні

дидактичні вимоги до формування контенту, становити основу для автоматизованого конфігурування різного виду.

У дидактиці сформовано поняття навчального елемента (НЕ), під яким розуміють об'єкти науки, що відображені для навчання. НЕ – це елементарна частина навчального матеріалу, яка являє собою предмет, явище (процес) або метод людської діяльності [4]. В ієрархії навчального курсу «курс-розділ-тема-навчальний елемент» найбільш значимим з точки зору багатократного використання в різних курсах є останній рівень ієрархії – НЕ.

Представлення навчальних об'єктів у репозиторії з урахуванням міжпредметних зв'язків є наступним:

$$\langle \text{НЕ} \rangle :: \langle \text{ТМ} \rangle | \langle \text{ПМ} \rangle,$$

де НЕ – навчальний елемент,

ТМ – теоретичний матеріал,

ПМ – практичний матеріал.

Кожний зі структурних елементів, в свою чергу:

$$\langle \text{ТМ} \rangle :: \langle \text{ОМ} \rangle \langle \text{ДМ} \rangle,$$

$$\langle \text{ПМ} \rangle :: \langle \text{ОМ} \rangle \langle \text{ДМ} \rangle,$$

де ОМ – основний матеріал відповідного навчального елемента;

ДМ – допоміжний (міжпредметний) матеріал з іншого монопредметного курсу, що є зовнішнім по відношенню до ОМ.

Семантичний шаблон навчального елемента задає множину обов'язкових властивостей, які повинні бути визначені для адекватної побудови концептуальної моделі проблемної області. Корінний метаклас визначає складові елементи ієрархії незалежно від їх рольового призначення з однаковим набором властивостей (бінарних відношень):

поняття (<ознаки ідентифікації>, <ознаки документування>, <рольові ознаки>).

До ознак ідентифікації відносяться внутрішній код, ім'я поняття, ім'я користувача, який створив, змінив та несе відповідальність за опис поняття. Документування характеризується семантичним визначенням та коментарями довільного змісту та довжини.

Інші характеристики понять відображають рольові відношення з іншими поняттями, склад яких залежить від типу поняття.

Корінний метаклас понять розбивається на підкласи структурних одиниць, які відповідають основним компонентам навчальної дисципліни як системи. Під час конфігурування між ними утворюються бінарні відношення (relation), які в простішому випадку визначаються триплетами:

предикат(поняття: тип сутності, що визначає; поняття: тип сутності, що визначається).

Наприклад, для опису міжпредметного зв'язку між НЕ двох навчальних об'єктів – курсів з економіки та інформатики при створенні інтегрованого курсу «Економічна інформатика», відношення між поняттями, тобто НЕ мають вигляд: зв'язок («аналіз попиту та пропозиції», «ділова графіка засобами Excel»).

Бінарні відношення визначаються як підмножина декартового добутку:

$$P_{i,j} \subseteq D_i \otimes D_j, \quad (1)$$

де $P_{i,j}$ - відношення i -го та j -го понять;

D_i, D_j - домен значень i -го та j -го понять.

Бінарні відношення збираються до множини кортежу виду:

$$R \subseteq D_1 \otimes D_2 \otimes \dots \otimes D_n, \quad (2)$$

де D_i - домен значень i -го поняття, де перший домен є ключовим атрибутом поняття, що визначається.

Так для НЕ згідно стандарту LOM(Learning Object Metadata) – метаданні навчального об'єкта, для елементів:

НЕ(ім'я; визначення елемента даних; розмір (кількість припустимих значень); порядок; приклад).

Для конфігурування НЕ, як складових одиниць ієрархії навчальних об'єктів визначною інформацією є цілеспрямованість системи НЕ, що формується у вигляді відповідних компетенцій. Формалізація поняття компетенції утворюється на основі відображення системи міжпредметних взаємозв'язків на систему посадових компетенцій.

Модель міжпредметних зв'язків. Система міжпредметних зв'язків описується за допомогою нечіткого бінарного відношення $R: L_1 \times L_2$. Надане відношення має вигляд:

$$R = \sum_{L_1 \times L_2} \frac{\mu_R(L_1, L_2)}{(L_1, L_2)} \quad (3)$$

де L_1, L_2 - графові моделі монопредметного навчального об'єкта, що відповідає ієрархічній структурі навчального курсу (рис.1).

Якщо розглядається процес конфігурування інтеграційного курсу на основі міжпредметних зв'язків між двома навчальними об'єктами, які мають формалізований опис у вигляді графової структури, то їх представлення має вигляд:

$$L_1 = (X_1, U_1, P_1), \quad (4)$$

$$L_2 = (X_2, U_2, P_2), \quad (5)$$

де множини вершин $X_1 \neq \emptyset$ та ребер $U_1, U_1 \cap X_1 \neq \emptyset$ відображають структуру об'єднання, а інцидентор P визначає впорядковування трійок елементів $x_1, y_1, u_1, x_1, y_1 \in U_1$.

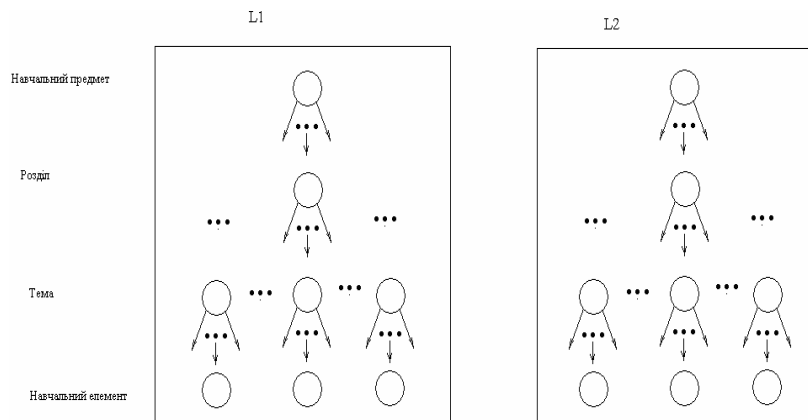


Рис.1 Схеми ієрархічних структур навчальних об'єктів

Так, для структур навчальних об'єктів L_1 та L_2 :

$$\forall u_1 \exists x_1, y_1 \{ P(x_1, u_1, y_1) \wedge \forall x'_1, y'_1 [P(x'_1, u_1, y'_1) \Rightarrow (x_1 = x'_1, y_1 = y'_1)] \}; \quad (6)$$

$$\exists x_1, y_1 \{ x_1 \neq y_1 \wedge P(x_1, u_1, y_1) \wedge \neg P(y_1, u_1, x_1) \} \quad (7)$$

Тоді модель конфігурування у вигляді інтеграції, як процесу, що управляється, має вигляд залежності:

$$L_3 = F(L_1, L_2, R : L_1 \times L_2, P), \quad (8)$$

де P - правила конфігурування.

Таким чином, задача конфігурування ієрархічних структур L_1 та L_2 зводиться до визначення елементів структури L_3 в залежності від системи міжпредметних зв'язків R на основі бази правил у вигляді нечітких бінарних відношень.

Нейромережеве управління процесом конфігурування навчальних об'єктів. Управління процесом конфігурування здійснюється як багатокроковий процес послідовного вибору елементів структури L_3 . На основі використання нейронної мережі визначається відповідний ступінь інтегрування структур L_1 та L_2 , який порівнюється із значенням еталонного ступеня інтеграції, що відповідає структурі міжпредметних знань, вмінь та навичок компетенції, що формується. Загальна схема управління наведена на рис.2.

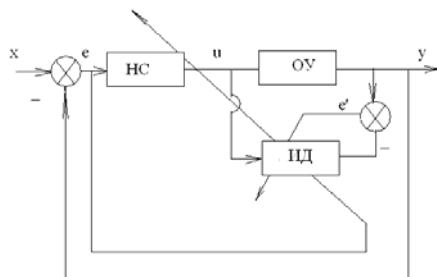


Рис.2 Схема управління конфігуруванням

Нейромережа (НС) здійснює функції регулятора системи, який навчається через блок ідентифікації (ІД). Навчання через ідентифікатор «не заважає» нормальному функціонуванню об'єкта (ОУ). Вхідні дані x є вектором, що складається зі структур L_1 та L_2 . Вихід нейромережі u визначає ступінь інтеграції структур, що задані. Блок ідентифікації здійснюється на основі використання еволюційних алгоритмів та визначає відхилення від ступеню інтеграції, що відповідає міжпредметній компетенції.

Узагальненням та розширенням класичних багатосарових нейронних мереж є нечіткі нейронні мережі на основі багатосарового перцептрону. Вихідні сигнали обчислюються наступним чином:

$$Y_i' = f\left(\sum_{j=1}^N W_{i,j} x_j - \theta_j\right) \quad (9)$$

в скритому шарі:

$$Y_i = f\left(\sum_{j=1}^N W_{i,j}' Y_j' - \theta_j'\right) \quad (10)$$

у вихідному шарі:

де θ_j , θ_j' - величини зміщення,

x_j ($j = 1, 2, \dots, N$) - вхідні сигнали;

$f\left(\sum_{j=1}^N W_{i,j} x_j\right)$ - функція активації.

Вхідна та відповідна їй вихідна інформація обробляються за допомогою двох інтерфейсів, що складаються на основі теорії нечітких множин та нечіткої логіки.

Ці інтерфейси мають однакову структуру і виконують таке перетворення інформації, яке робить її придатною для подальшої обробки нейронною мережею [5].

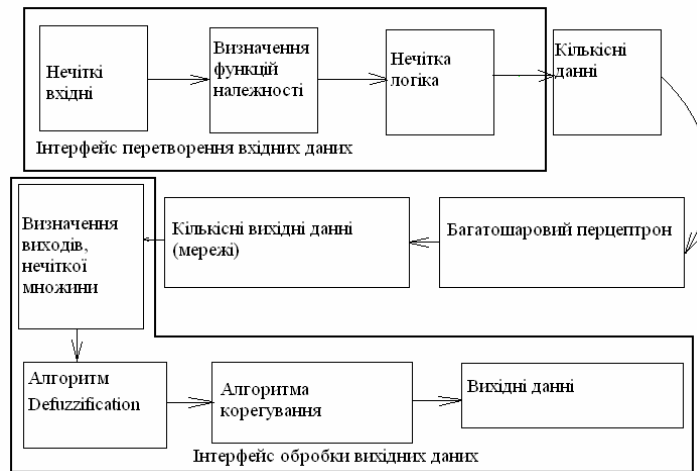


Рис. 3. Структура нечіткої нейронної мережі

Лінгвістичні правила відображають думку експертів щодо доцільності встановлення взаємозв'язків між навчальними елементами монопредметних навчальних дисциплін, мають вигляд:

$$\text{ЯКЩО } \langle e1 \in \alpha \rangle \text{ ТА } \langle e2 \in \beta \rangle \text{ ТО } \langle w \in \varepsilon \rangle, \quad (11)$$

де $e1$ і $e2$ – змінні, що характеризують монопредметні дисципліни, що підлягають інтеграції (наприклад, $e1$ – «інформатика», $e2$ – «економіка»);

α і β – відповідні значення вказаних змінних;

ε – значення лінгвістичної змінної w , яка визначається за допомогою терму «ступінь взаємозв'язку».

Для реалізації даної моделі найкращим інструментом є пакет Fuzzy Logic Toolbox системи Matlab [6], бо він надає можливість побудови адаптивних нечітких нейронних мереж. В якості термів було використано наступні значення: $T_\varepsilon = \{\text{«відсутній»}, \text{«скоріш всього доцільний»}, \text{«певно доцільна»}\}$, що відображає різні якісні значення ступеня взаємозв'язку між навчальними елементами.

Вихід нечіткої мережі вказує на ступінь інтеграції монопредметних навчальних дисциплін загалом, відображаючи функціональну ознаку інтеграції (від взаємозв'язку епізодичного через міжпредметний зв'язок до інтеграції, як вищого ступеню взаємозв'язків).

Підхід, що запропоновано, склав основу комп'ютерних експериментів щодо об'єднання еволюційних алгоритмів з нейрон-нечіткими для конфігурування набору навчальних об'єктів для досягнення компетенцій, що визначені ОКХ та ОПП для підготовки бакалаврів за спеціальністю 0925 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» в Одеському національному політехнічному університеті.

В результаті експериментів з налагодження нейрон-нечіткої мережі за допомогою пакету Fuzzy Logic Toolbox системи Matlab було визначено кількість циклів навчання 100 для загальної кількості нейронів у вхідному шарі 25 (для одного навчального об'єкта). Функція активації для вихідного шару – лінійна, для проміжних шарів – гіперболічний тангенс. Проведення експериментів щодо використання генетичного алгоритму на основі використання програми SUGAL [8] довело, що вибір набору НЕ у середньому досягається за 400 ітерацій, забезпечуючи $\mathcal{E}(i) \leq 0,0021$.

Висновки. Таким чином, отримана можливість автоматизованого управління процесом конфігурування на основі використання засобів нейрон-нечіткої мережі та еволюційного моделювання. Наукова новизна полягає в використанні сучасних засобів інтелектуального управління для урахування сучасних дидактичних вимог у автоматизованому навчанні. Практична доцільність визначається підвищенням ефективності використання інформаційних технологій для управління процесом навчання за рахунок автоматизації таких складних і визначаючих процесів, як організація міжпредметних зв'язків та індивідуалізація стратегій навчання. Компонентна технологія конфігурування забезпечує скорочення термінів формування контенту.

Перспективним напрямком подальших досліджень вважаємо реалізацію наданого підходу у агентних сценаріях електронного навчання.

Л і т е р а т у р а

1. Гриценко В.И. Информационно-коммуникационные технологии в образовании для всех – в ракурсе проблем общества знаний. – К.: МННЦ ИТ и С НАНУ и МОН, 2007. - 28 с.
2. Башмаков А.И., Башмаков И.А. Разработка компьютерных учебников и обучающих систем. – М.: Инф.-изд. Дом «Филинь», 2003. – 616 с.
3. Тельнов Ю.Ф. Реинжиниринг бизнес-процессов. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 305 с.
4. Беспалько В.П. Образование и обучение с участием компьютеров (педагогика третьего тысячелетия). – М.: МПСИ, 2002. – 330 с.
5. Сетлак Г. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений. – К.: Логос, 2004. – 251 с.
6. Медведев В.С., Потёмкин В.Г. Нейронные сети. Matlab6. – М.: МИФИ, 2002.
7. Курейчик В.М. Теория и практика эволюционного моделирования. – Таганрог, 2003. – 429 с.

Маслянюк П.П., Лісов П.М.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА ПІДСИСТЕМИ
АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЕКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ
РЕСУРСІВ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ СИСТЕМ**

В статті розглядаються проблеми продукування інформаційного ресурсу як компоненти інформаційно-комунікаційної системи. Досліджується забезпечення взаємодії різних типів ресурсів та створення ресурсу, що поєднує декілька ресурсів різного типу. Запропоновано підхід до автоматизованого проектування ресурсу як системи ресурсів із урахуванням зв'язків з іншими компонентами інформаційно-комунікаційної системи.

Вступ

Інформатизація організаційної системи передбачає створення інформаційно-комунікаційної системи (ІКС) з метою задоволення інформаційних потреб, забезпечення та автоматизації бізнес-процесів, підтримки прийняття рішень та підвищення ефективності управління організаційною системою (Орг.С) із застосуванням інформаційно-комунікаційних технологій [1]. Сучасні підходи до системного проектування ґрунтуються в основному на методологіях SADT. Ми пропонуємо підхід, оснований на методології Еріксона-Пенкера з використанням мови графічного моделювання Unified Modeling Language (UML) [2].

Для моделювання складних систем їх доцільно розбити на компоненти. Одним з важливих компонентів ІКС є інформаційний ресурс. Він забезпечує зберігання та обробку даних, інформації та знань, які сьогодні є однією з основних цінностей Орг.С. [3]. Згідно законодавства, інформаційний ресурс – сукупність документів у інформаційних системах (бібліотеках, архівах, банках даних тощо) [4].

Документ – це упорядкована сукупність даних, інформації та знань, яка надає можливості доступу, передачі, обробки, тощо. Прикладом документа може бути паперовий документ, фільм, комп'ютерний файл, тощо [5].

Завданням ресурсу є зберігання та обробка даних, інформації та знань. Згідно законодавства України інформація – відомості, подані у вигляді сигналів, знаків, звуків, рухомих або нерухомих зображень чи в інший спосіб [6]. Законодавство України визначає дані як інформація у формі, придатній для автоматизованої обробки її засобами обчислювальної техніки [6].

За європейськими стандартами, знання – це комбінація даних та інформації, до яких додається точка зору, навички та досвід експерта, що дає вагомий результат, який може бути використано для прийняття рішень. Знання може бути вичерпним та/або вузьким, індивідуальним та/або колективним. Нажаль, українське законодавство взагалі не визначає поняття «знання».

Згідно інших джерел, "Data is information before it has been given any context, structure and meaning" [7] – Дані це інформація до того, як їм надається контекст, структура та значення.

Найбільш вдалим, на думку авторів, є визначення, за яким дані – це результат простого збору визначених фактів; інформацією вони стають лише при зв'язуванні у щось корисне, комбінацію хто, що, де і як [8]. У свою чергу знання – це розуміння, як і чому щось відбувається [3]. Саме така семантика понять «дані», «інформація» та «знання» будуть використовуватись далі.

Постановка задачі

Мета роботи полягає у дослідженні інформаційного ресурсу як компоненти інформаційно-комунікаційної системи, забезпеченні взаємодії різних типів ре-

сурсів та розробці підсистеми автоматизації проектування інформаційних ресурсів Орг.С.

Модель інформаційного ресурсу Орг.С.

Можна виділити такі типи інформаційних ресурсів: файлові системи, бази даних, інформаційні сховища та інформаційні колектори [3]. Як правило інформаційний ресурс Орг.С. являє собою комбінацію ресурсів різного типу.

Файлова система (ФС) є персональним інформаційним ресурсом і являє собою основу для організації інших типів ресурсів. ФС вирішує два типи задач: організацію розміщення даних на фізичних носіях та організацію файлового простору користувача у вигляді ієрархії файлів та каталогів. ФС забезпечує структурування даних, необхідну швидкість пошуку/обробки та роботу корпоративних додатків. ФС поділяються: дискові, кластерні, мережеві та спеціального призначення [4]. Сьогодні актуальною є розробка ФС, які базуються на принципах реляційних та постреляційних баз даних.

Бази даних (БД) призначені для збереження структурованих оперативних даних Орг.С. Виділяють такі типи БД: каталоги, ієрархічні, мережеві, реляційні, постреляційні, об'єктно-орієнтовані.

Інформаційні сховища призначені для зберігання та аналітичної обробки інформації, якою володіє Орг.С. Вони базуються на БД і надають інструменти агрегації даних та побудови звітів. При проектуванні інформаційного сховища необхідно описати механізми його взаємодії з БД та іншими компонентами ІКС.

Для зберігання та обробки знань використовуються інформаційні колектори. Існують як безкоштовні так і платні системи побудови інформаційного колектору. Вибір конкретної системи відповідає вимогам до конкретного ресурсу, які встановлюються відповідно до моделі організаційної структури [9]. Для забезпечення розповсюдження наукових знань у світі розробляються засоби взаємодії наукових архівів. Ініціатива «Відкриті архіви» (OAI) [10] розробляє і просуває стандарти взаємодії та інтероперабельності бібліотечних архівів з метою більш ефективного використання наукових знань. Ті системи, які підтримують OAI, можуть бути поєднані у загальну мережу архівів, які взаємодіють через задані інтерфейси.

Для того, щоб користувач міг швидко і з однієї точки доступу знайти потрібну йому інформацію була розроблена система OCLC (Online Computer Library Center). На основі метаданих система проводить пошук по інформаційним ресурсам різних організацій. У 2005 році ідеї OCLC були реалізовані в системі WorldCat, яка забезпечує автоматичну індексацію більше 10000 бібліотечних архівів і містить посилання на більш ніж 1.2 млрд. документів [11]. Документи у всіх розглянутих колекторах можуть бути індексовані у WorldCat.

Використання таких підходів дозволяє побудувати глобальний інформаційний ресурс, який би поєднував у собі різні типи ресурсів у різних місцях і організаціях. Структура такого ресурсу представлена на рис. 1.

Таким чином метапошукові та публічні пошукові системи індексують і упорядковують систему інформаційних ресурсів. Самі ресурси можуть взаємодіяти через стандарти типу OAI, але така взаємодія є обмеженою у порівнянні з метапошуковими системами. З іншого боку упорядкована взаємодія колекторів дозволяє створювати системи інформаційних сховищ масштабу країни, такі як Проект цифрових музеїв Китаю [12].

При проектуванні такої системи ресурсів можна використати набір програмних та апаратних засобів і розробити кожен з них окремо. Для цього використовуються окремі автоматизовані системи проектування.

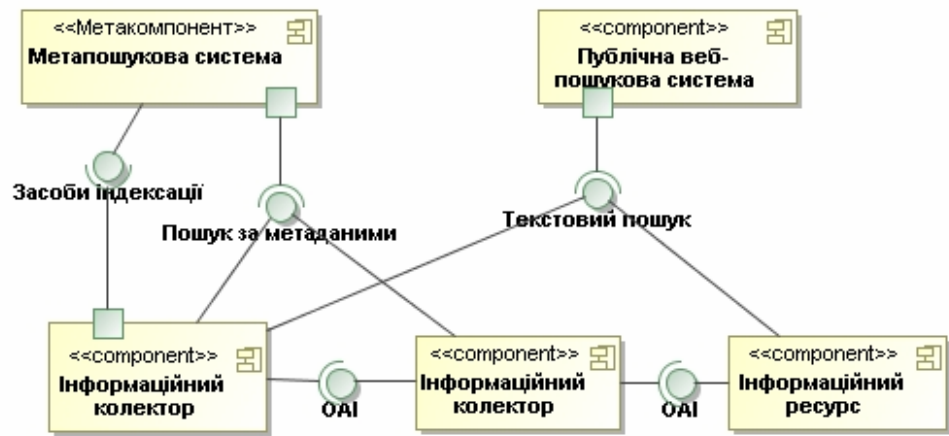


Рис. 1. Структура глобального інформаційного ресурсу.
Діаграма компонентів в нотатії UML

Для забезпечення максимально ефективної взаємодії ресурсів доцільно скористатися компонентним підходом та описати кожен ресурс як окремий компонент. Такий опис має визначити взаємозв'язок ресурсів між собою та з іншими компонентами ІКС через інтерфейси. Типова модель інформаційного ресурсу представлена на рис. 2.

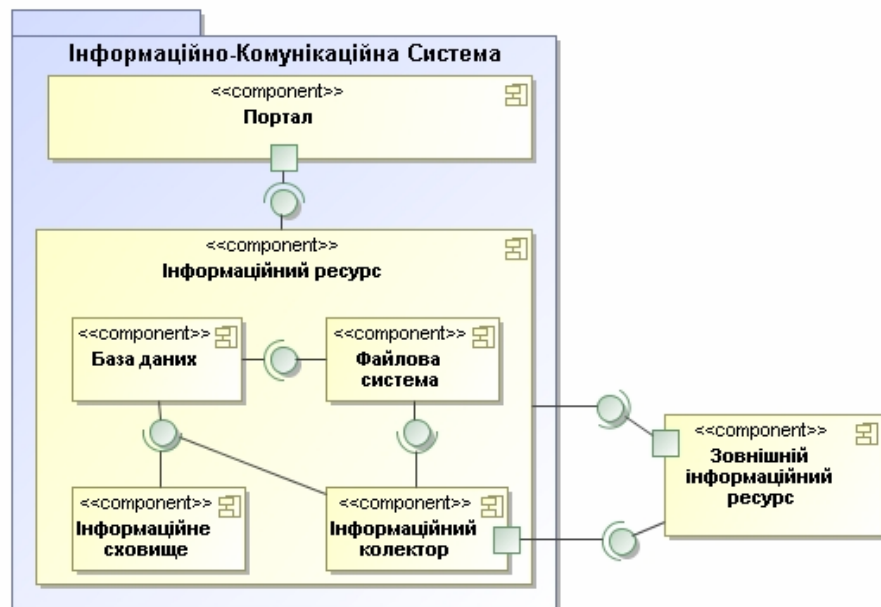


Рис. 2. Модель інформаційного ресурсу.
Діаграма компонентів в нотатії UML

На рисунку показано взаємозв'язок окремих типів ресурсів у межах єдиного інформаційного ресурсу ІКС Орг.С. Вона може бути реалізована за допомогою таких стандартів, як OAI. Це важливо, тому що розробка ізольованих ресурсів у більшості випадків обмежує можливості користувачів системи [3].

Взаємодія ресурсів у межах загального інформаційного ресурсу Орг.С. забезпечується через інтерфейси. Іменована специфікація інтерфейсів визначає всі можливі варіанти взаємодії окремих компонентів.

У випадку, коли інтерфейси взаємодії всіх компонентів чітко визначені, створення системи перестає бути громіздкою задачею і зводиться до побудови окремих компонентів. Конкретна реалізація окремих компонентів не впливає на працездатність всієї ІКС. Ці компоненти можуть бути легко поєднані між собою на основі чітко визначених інтерфейсів.

Одним з найефективніших засобів забезпечення доступу до інформаційного ресурсу є корпоративний портал [13]. Інтерфейси взаємодії ресурсу з порталом мають бути описані на етапі розробки ІКС. Практично всі сучасні інформаційні колектори мають засоби інтеграції з веб-системами. Для інших колекторів, так само як і для баз даних та інформаційних сховищ, така взаємодія може бути реалізована за допомогою стандартних інструментів, наявних у автоматизованих засобах створення порталів.

Основні положення проектування інформаційних ресурсів Орг.С.

Кожен з компонентів може бути деталізований його виконавцями. Специфікації компонентів точно визначають вимоги до них. На основі таких вимог можна визначити клас ресурсу та обґрунтувати вибір певних апаратних та програмних засобів [3].

Ми пропонуємо розділити процес продукування інформаційного ресурсу на такі стадії:

1. Проведення бізнес-моделювання Орг.С.
2. Розробка моделі ІКС.
3. Формалізація вимог до інформаційного ресурсу.
4. Проектування ресурсу як системи компонентів (менших ресурсів).
5. Проектування кожного окремого компоненту.
6. Оцінка та оптимізація проекту.
7. Реалізація компонентів ресурсу.
8. Інтеграція компонентів та впровадження системи.

Перші два пункти відносяться до проектування всієї ІКС. Природно, що ресурс повинен виконувати певні задачі в межах ІКС, тому створення його без урахування вимог до ІКС не доречно. Сам по собі ресурс забезпечує лише обмежені засоби обробки інформації, а тому так чи інакше потребує інтеграції у ІКС. Тому у випадках, коли ресурси розробляються окремо, вони рідко можуть бути ефективно використані.

Формалізація вимог до інформаційного ресурсу передбачає опис на певній формальній мові вимог до ресурсу. Такі вимоги можна поділити на функціональні, технічні та економічні. Вони включають опис задач, характеристики продуктивності, надійності, масштабованості, розширюваності, вартість реалізації та підтримки. Варто відзначити, що економічні характеристики визначаються не лише вартістю інструментів та витрат по розробці, впровадженню та підтримки самого ресурсу, а крім того і вартістю інформації та знань, які у нього закладаються [14].

Проектування ресурсу як системи компонентів передбачає визначення набору та типів ресурсів, які будуть виконувати окремі функції в межах ресурсу ІКС. Необхідно описати їх взаємодію як з іншими компонентами ІКС так і з зов-

нішніми інформаційними ресурсами. Для такого моделювання доречно використати графічну мову моделювання UML та відповідні програмні засоби.

Проектування кожного окремого компонента може проводитись окремими спеціалістами. Основою для такого проектування є специфікації, розроблені на попередніх етапах. Для його автоматизації можна використати засоби автоматизованого проектування відповідних типів ресурсів.

Побудова моделей як ресурсу в цілому так і його компонентів дозволяє розрахувати значення показників ресурсу до початку його реалізації. У випадку, якщо характеристики спроектованого ресурсу не відповідають вимогам, поставленим на етапі формалізації вимог, необхідно провести оптимізацію проекту, яка передбачає певні зміни на різних рівнях, від рівня найменших компонент до рівня моделі ІКС в цілому. Використання графічних мов моделювання дозволяє за допомогою певних надстроек до систем моделювання одразу після внесення змін у моделі оцінювати нові значення характеристик. Відзначимо, що процес оптимізації може проводитись не лише з метою досягнення необхідних показників а і з метою зниження витрат на проект. Оцінку та оптимізацію також доречно проводити і після моделювання ІКС в цілому, і після моделювання ресурсу. Однак без моделювання окремих компонентів не можливо точно передбачити значення параметрів компонентів системи і тому така оцінка є неточною а оптимізація не завжди ефективна. Виконання оптимізації після створення, а тим більше інтеграції та впровадження, неминуче пов'язане з певними матеріальними витратами а тому сильно обмежене. Хоча інколи навіть на такій пізній стадії оптимізація є необхідною і проводиться.

Реалізація компонентів ресурсу являє собою придбання апаратних і програмних засобів та створення на їх основі у відповідності до розроблених моделей окремих компонентів ресурсу. Сучасні системи графічного моделювання дозволяють за моделлю провести генерацію певної частини коду програмних засобів, що створюються.

Інтеграція компонентів у випадку добре проведеного проектування не викликає проблем і зводиться до налаштування, тестування та часткових виправлень у розроблених компонентах.

Модель інформаційного ресурсу Державної податкової адміністрації України

Застосування описаної методології продемонструємо на прикладі побудови ресурсу для Державної податкової адміністрації України (ДПА). Інформаційно-комунікаційна система ДПА повинна забезпечити облік платників податків, їх доходів та виплат, забезпечення процесів обробки податкових документів, забезпечення прийому та обліку коштів, забезпечити інформаційні сервіси, такі як базу документів нормативно-правового характеру, надати інструменти аналітичної обробки інформації. Доступ до системи має забезпечуватись із локальної мережі ДПА а також ззовні (через Інтернет, як для співробітників ДПА так і для громадян). При цьому необхідно забезпечити відповідний рівень безпеки.

Модель ІКС ДПА, отримана на етапі проектування, показана на рис. 3.

Портал забезпечує авторизацію та забезпечення роботи користувачів, доступ до ресурсів. Для платників податків забезпечується неавторизована робота через зовнішній портал, основною задачею якого є інформування громадян, відповідь на їх запитання, представлення шаблонів документів, тощо. Інформаційний ресурс має забезпечити доступ до оперативних даних, статистичних звітів та документів. Необхідно забезпечити інтеграцію ресурсу з двома групами інформаційних ресурсів: ресурсами інших органів державної влади та публічних ресурсів.

Для опису вимог до системи використовується метрика. Метрика – це необхідна і достатня множина характеристик атрибутів і операцій, призначених для проектування та експлуатації ІКС. Для кожного конкретного класу ІКС та її реалізації метрика набуває конкретних значень характеристик.

Метрика використовується як розробниками ресурсу для контролю та покращення якості так і замовником при оцінці представленого рішення. Загальноприйнятої метрики для інформаційних ресурсів немає. Це пов'язано з рядом проблем по визначенню показників інформаційних ресурсів. Однак розробка такої системи показників необхідна для створення системи управління і обліку ресурсів [15].

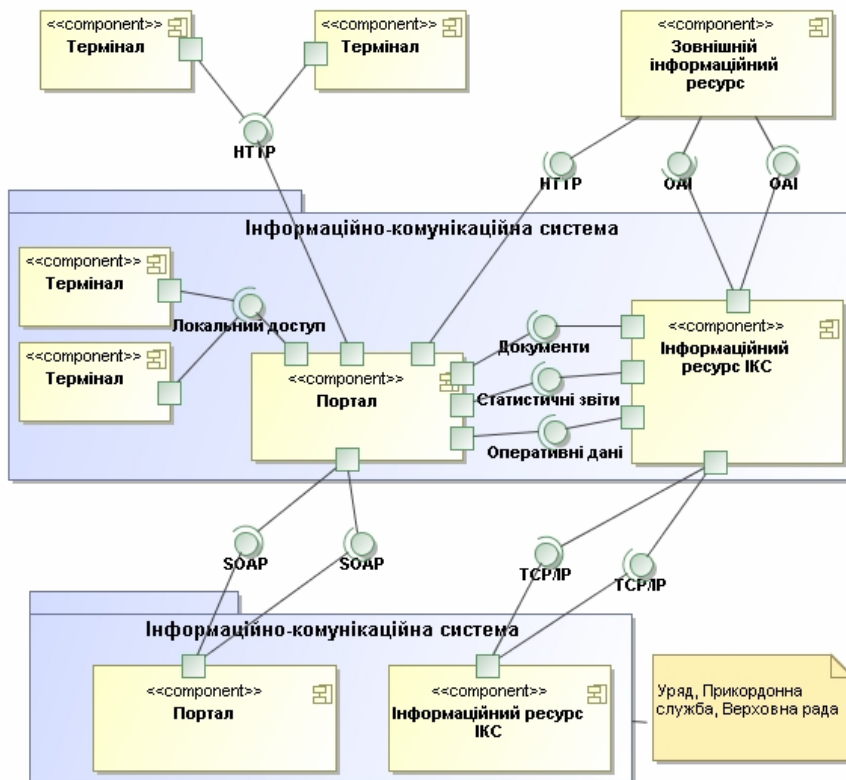


Рис. 3. Модель ІКС Державної податкової адміністрації України.
 Діаграма компонентів у нотатції UML

Тому ми пропонуємо включити в метрику найбільш розповсюджені та необхідні для проектування характеристики, які описують атрибути та операції окремих компонентів та/або всього ресурсу.

До таких характеристик насамперед слід віднести:

1. Характеристики продуктивності функціонування (пропускну спроможність, максимально допустимий час відповіді на запит до оперативних даних, аналітичних звітів та документів, час затримки).
2. Характеристики розширюваності та масштабованості
3. Об'єм даних, що зберігаються
4. Характеристики безпеки інформаційного ресурсу

Максимально допустимий час відповіді на запит визначає зручність роботи у системі. Оперативні дані включають дані про користувачів системи, реєстр платників податків, тощо. Для отримання такої інформації використовуються прості запити до бази даних. Оперативна інформація необхідна практична для кожної дії користувача. Допустимий час її отримання не має перевищувати 1с. Документи та аналітичні звіти необхідні не так часто. Крім того така інформація представляє більшу «значимість» для користувача і вимагає певної обробки користувачем, тому тут допустимий більший час відповіді.

Необхідно зазначити, що час відповіді залежить від кількості одночасно підключених користувачів (терміналів), від якої залежить кількість одночасних запитів. Тому при оцінці часових параметрів необхідно враховувати навантаження на систему. При цьому варто врахувати сезонні навантаження на систему, пов'язані з визначеними законодавством періодами подання податкових документів та загальну кількість платників податків. Так у м. Києві кількість платників податків складає 308 тисяч фізичних і юридичних осіб.

Стійкість та надійність визначається імовірністю відмови, наявністю резервування та часом відновлення системи після збою. Для ДПА допускається тимчасова недоступність сервісів і не допускається втрата інформації.

Модель інформаційного ресурсу представлено на рис. 4.

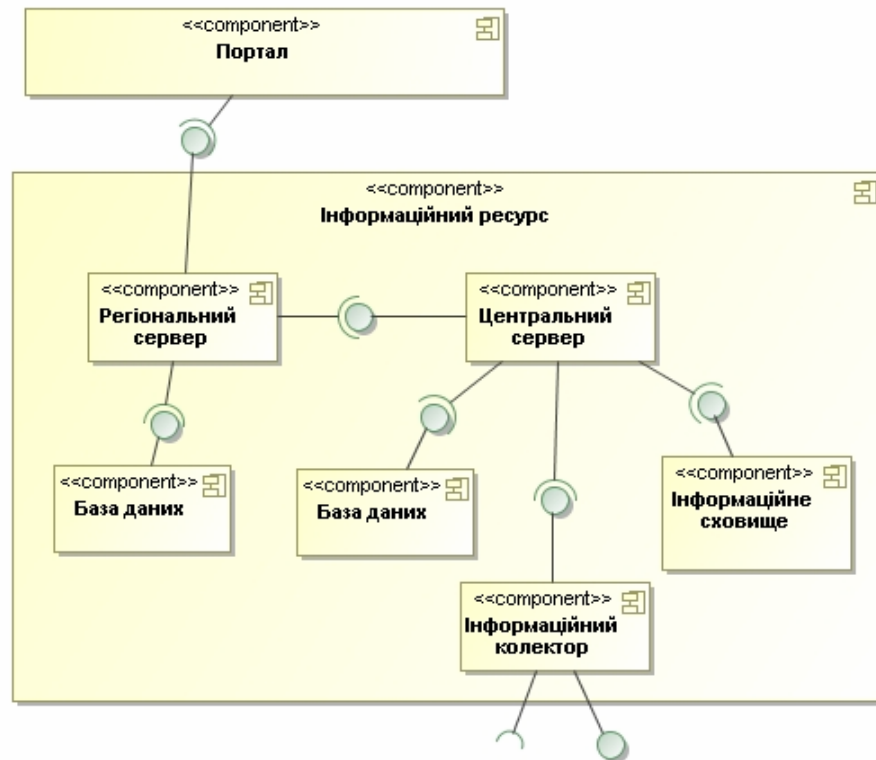


Рис. 4. Модель інформаційного ресурсу ДПА.
Діаграма компонентів у нотації UML

Для того, щоб забезпечити одночасну обробку запитів від великої кількості операторів інформаційний ресурс реалізується у вигляді розподіленої системи. Для кожного регіонального відділення податкової адміністрації встановлюється окрема система апаратних і програмних засобів. З точки зору ресурсів до такої регіональної системи відноситься регіональна БД. Регіональна БД зберігає основну інформацію, необхідну для роботи системи в регіонах. Для більшості запитів звернення до центрального серверу не є необхідним.

Центральний сервер зберігає дані та інформацію, необхідні для роботи системи в цілому. До них відноситься центральна база даних, інформаційний колектор та інформаційне сховище. Інформаційне сховище призначено для збору аналітичної інформації. Наповнення сховища відбувається при заповненні даних у регіональних та центральній БД.

Інформаційний колектор призначена для зберігання нормативних актів, законів, правил, інструкцій та інших документів, на яких базується робота ДПА та які є корисними для користувачів. Колектор забезпечує зберігання інформації ДПА та доступ до інформації в колекторах інших засобів державної влади.

Кожен з компонентів деталізується при подальшому моделюванні. На апаратному рівні як регіональний, так і центральний сервер включає сервер застосувань, сервер баз даних та проксі-сервер. Така система забезпечує необхідний рівень надійності та безпеки.

Висновки

Застосування прикладного системно аналізу та компонентного підходу до проектування інформаційних ресурсів ІКС дозволяє упорядкувати і суттєво спростити процес проектування інформаційного ресурсу, врахувати конкретні вимоги, провести оптимізацію структурного та динамічного представлення інформаційного ресурсу, закласти необхідні рішення у відповідності із іменованою специфікацією на інформаційний ресурс.

Застосування для проектування графічної мови моделювання UML та засобів автоматизації процесу проектування забезпечує автоматизовану генерацію програмного забезпечення інформаційного ресурсу та тестування на кожній ітерації та фазі розробки.

Таким чином, компонентний підхід дозволяє створити автоматизовану систему проектування ІКС. Складовою такої системи є підсистема автоматизації проектування інформаційного ресурсу, яка дозволяє спроектувати та продукувати ресурс як окремий компонент ІКС.

Л і т е р а т у р а

1. Маслянюк П.П., Системне проектування процесів інформатизації // Наук. Вісті НТУУ «КПІ», - 2008 - №1 - С201-208..
2. Маслянюк П.П., Майстренко О.С. Система моделювання бізнес-процесів організаційної структури. // Праці XIII Всеукраїнської наукової конференції "Сучасні проблеми прикладної математики та інформатики", Львів 2006. – С.103.
3. Маслянюк П.П., Лісов П.М. Інформаційні ресурси та засоби їх створення //Вісник Східноукр. національного ун-ту імені Володимира Даля – №5 (111) – 2007р. – с. 141-145.
4. Закон України "Про Національну програму інформатизації".
5. П.П., Маслянюк. Концепція інформатизації корпоративних структур. Наукові вісті НТУУ „КПІ”. 2003 р., 3, сс. 510-525.
6. Постанова Кабінету Міністрів України від 20.01.1997 р. № 40 "Про затвердження Концепції створення Єдиної державної автоматизованої паспортної системи".
7. <http://www.answers.com>.

8. Черненко М., Слепцов С. Принципы классификации управленческих информационных систем // Корпоративные системы – 2004 – №1.
9. Маслянюк П.П., Майстренко О.С., Моделювання бізнес-процесів організаційної структури // Вісник східноукраїнського національного університету ім. В. Даля – 2007 - № 5 - с. 136-141.
10. Carl Lagoze, Herbert van de Sompel, The Open Archives Initiative: Building a low-barrier interoperability framework // JCDL '01, June 17-23, 2001, Roanoke, VA.
11. <http://www.worldcat.org/>.
12. R. Tansley, Building a Distributed, Standards-based Repository Federation, The China Digital Museum Project // D-Lib Magazine, 2006, vol. 12, num. 7/8.
13. Маслянюк П.П., Стокоз К.В. Проблеми проектування та застосування порталів // Вісник східноукр. національного університету імені Володимира Даля – 2007 – № 5 – с. 149-157.
14. Маслянюк П.П., Лісов П.М., Інформаційно-комунікаційні системи та технології обробки інформаційних ресурсів // Вісник КУЕІТУ «Нові технології» – 2007 – №1-2 – с. 164-168.
15. Антопольский А.Б., Проблемы управления публичными информационными ресурсами России.

УДК 007

Маслянюк П.П., Майстренко О.С.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА БІЗНЕС-ПРОФІЛЯ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЄКТІВ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ СИСТЕМ

У статті представлено результати дослідження та розробки бізнес-профіля для виконання бізнес-моделювання як складової процесу інформатизації організаційних систем.

Вступ

Модель Організаційної системи (Орг.С) є однією з найбільш важливих складових частин проекту інформатизації Орг.С — об'єднання автономних підприємств, організацій або структурних підрозділів з економічної, соціальної або державної сфери діяльності, які функціонують під централізованим керівництвом і вирішують спільні завдання [1, 2].

Під інформатизацією організаційних систем ми розуміємо необхідну і достатню множину правових, організаційних, економічних, наукових та науково-технічних рішень і процесів, спрямованих на створення інформаційно-комунікаційних систем з метою задоволення інформаційних потреб, забезпечення та автоматизації бізнес-процесів, підтримки прийняття рішень та підвищення ефективності управління Орг.С із застосуванням інформаційно-комунікаційних технологій [2].

Застосування прикладного системного аналізу компонентний підхід до інформатизації Орг.С передбачає використання ітеративно-інкрементного процесу для реалізації проєктів інформатизації. Процес виконання проєкту інформатизації розподіляється ряд фаз: початок, розвиток, конструювання та перехід [1,2]. На кожній з фаз виконується ряд робіт, які забезпечують виконання окремих стадій процесу інформатизації: аналізу, проектування, реалізації та розгортання.

Виконання стадій інформатизації передбачає бізнес-моделювання Орг.С та моделювання ІКС.

Застосування прикладного системного аналізу для представлення Орг.С у вигляді певної достатньої множини сутностей і відношень між ними обґрунтовує вибір бізнес-профіля Еріксона-Пенкера як метамоделі для моделювання та реалізації проектів інформатизації Орг.С.

Постановка задачі

Мета статті полягає у дослідженні основних сутностей Орг.С та відношень між ними і розробці бізнес-профіля, який відображає ці сутності та являє собою необхідний та достатній інструментарій для моделювання і реалізації проектів інформатизації Орг.С.

Бізнес-профіль

Профіль – це пакет, який визначає підмножину існуючої базової метамоделі, задає стереотипи і обмеження, які мають бути застосовані до вибраної підмножини метамоделі [1]. Профіль розширює використання мови моделювання, розширюючи її на множину сутностей предметної області (моделювання Орг.С) шляхом визначення сутностей на основі метасутностей (класифікаторів) мови моделювання.

Профіль моделювання Орг.С (рис. 1) включає наступні базові сутності: мета діяльності, бізнес-процеси, бізнес-правила, персонал і ресурси, необхідні і достатні для проведення певної діяльності. Відношення між цими сутностями визначаються додатковими стереотипами асоціацій, з чітко визначеними умовами їх застосування. При цьому ми використовуємо механізм профілювання (profiling mechanism) [1,3].

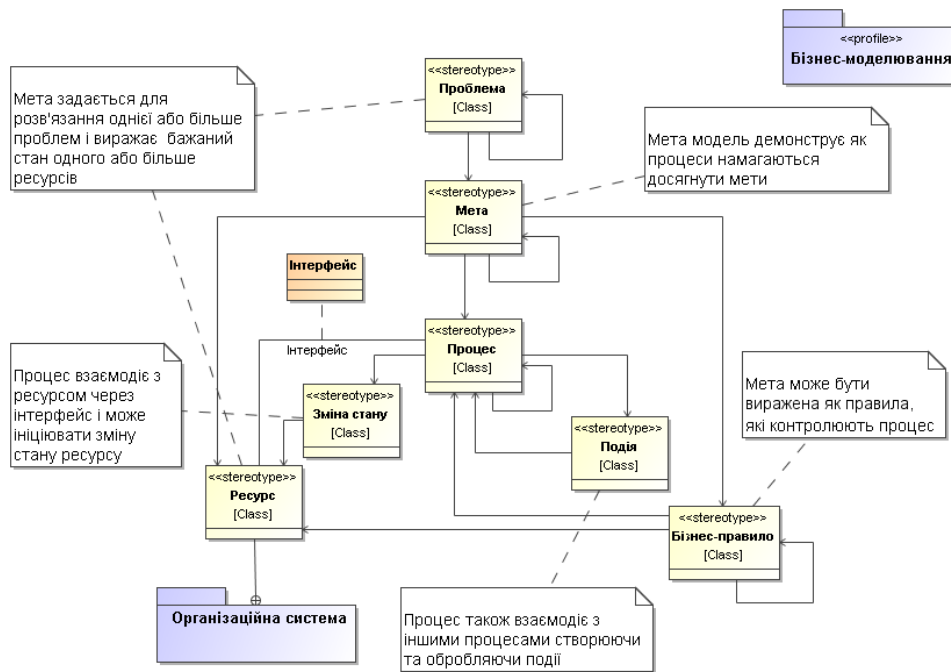


Рис. 1 Бізнес-профіль для моделювання Орг.С

Сутність *мета діяльності* — визначає цілі та мету діяльності як Орг.С в цілому, так і кожного бізнес-процесу зокрема. Мета задається для розв'язання

однієї або більше проблем та виражає бажаний стан ресурсів. Мета ставиться для розв'язання однієї або більше проблем.

Сутність *бізнес-процес* — це стійка, цілеспрямована сукупність взаємопов'язаних видів діяльності, які згідно з певною технологією перетворюють вхідні ресурси у вихідні ресурси, що несуть цінність для користувача [1,4]. Найбільш широкі класи бізнес-процесів, які використовуються практично в усіх Орг.С: корпоративне управління, стратегічний менеджмент, маркетинг, продаж, виробництво, набір персоналу, підтримка інформаційних ресурсів, фінансовий менеджмент.

Сутність *бізнес-правила* — накладають статичні та динамічні обмеження на бізнес-процес для досягнення мети. Обмеження, що накладаються на бізнес-моделі, можуть бути представлені бізнес-правилами з використанням структурованої природної мови. Для інтеграції у бізнес-модель бізнес-правила можуть бути виражені з використанням мови OCL (Object Constraint Language — мова об'єктних обмежень). Бізнес-правила формуються стратегічним менеджментом Орг.С. Бізнес-правило описує що повинні виконувати бізнес-процеси. Приклади узагальнених бізнес-правил: маркетингові стратегії, політика ціноутворення, практики управління взаємовідносинами з замовниками, політика роботи з персоналом, законодавчі обмеження.

Сутність *ресурси* — об'єкти (матеріальні і нематеріальні сутності), які діють або використовуються при реалізації бізнес-процесів. Ресурси — це поняття, що споживаються, створюються або використовуються бізнес-процесами [3]. На рисунку 2, 3 показано представлення ресурсів Орг.С у відповідності з їх застосуванням та класифікацією. Приклади ресурсів: організаційна структура, фізичний ресурс, людина, документ, дані, інформація, знання.

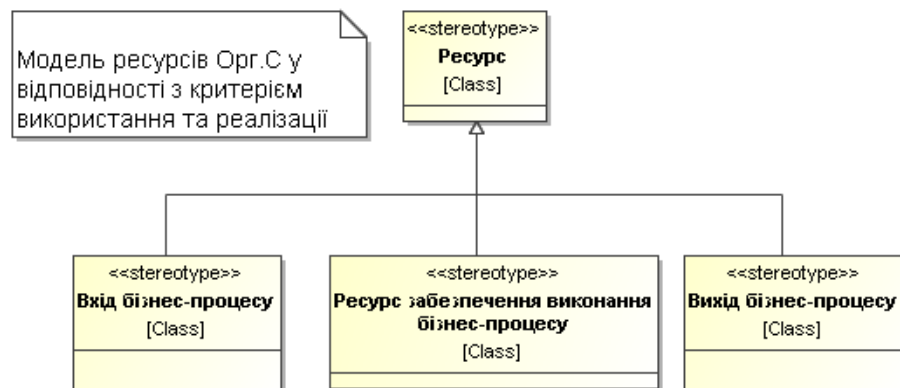


Рис. 2 Модель ресурсів Орг.С у відповідності з їх призначенням

Застосування бізнес-профілю

Бізнес-профіль — це “узагальнена” модель, тобто метамодель Орг.С. Застосування бізнес-профілю передбачає створення моделі інформатизації Орг.С. Модель інформатизації включає бізнес-модель Орг.С та модель інформаційно-комунікаційної системи (ІКС).

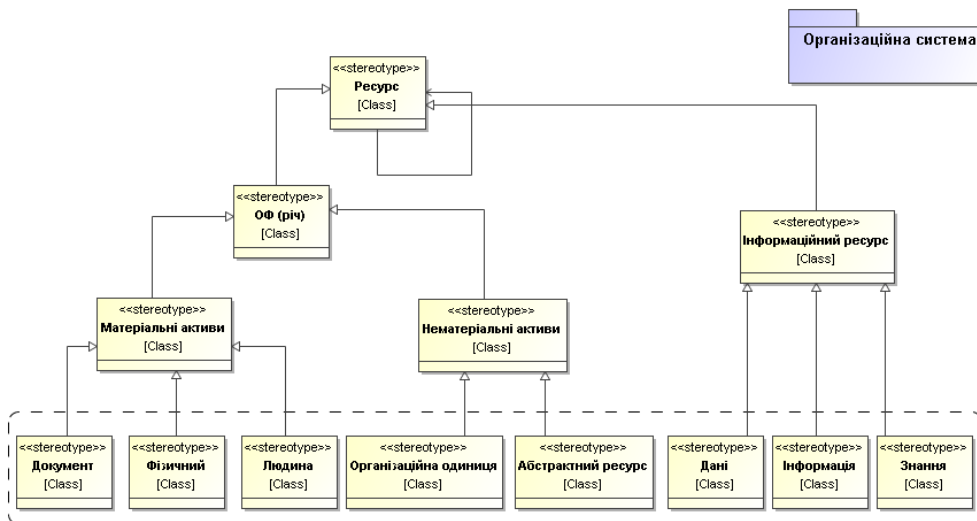


Рис. 3 Представлення ресурсів Орг.С у відповідності з їх класифікацією

Застосування бізнес-профілю для моделювання бізнес-процесів та Орг.С у цілому

Результат застосування бізнес-профілю як частини процесу інформатизації Орг.С — бізнес-модель конкретної Орг.С.

Під бізнес-моделлю тут ми розуміємо формальне відображення структури Орг.С та її діяльності [4,5]. Бізнес-модель базується на трьох основних представленнях:

- діаграмі класів (class diagram) — яка відображає статичне представлення сутностей Орг.С;
- діаграмі діяльності (activity diagram) — яка відображає динамічне представлення взаємодії сутностей Орг.С;
- діаграмі бізнес-процесів BPMN (Business Process Modeling Notation diagram — діаграма в нотації моделювання бізнес-процесів) — яка відображає представлення саме бізнес-процесів, взаємодію між ними та використання ними ресурсів.

Статичне представлення Орг.С відображає стурктуру Орг.С: організаційні одиниці (організаційні та людські ресурси), спосіб та порядок їх структуризації, відношення між ними, окремі об'єкти та компоненти Орг.С (в залежності від підходу до поділу на компоненти).

Компонент – це модульна частина логічної або фізичної системи, поведінку якої можна описати значно коротше ніж реалізацію [1].

Динамічне представлення Орг.С відображає способи і порядок взаємодії компонентів Орг.С, перетворення ресурсів (використання вхідних ресурсів та ресурсів забезпечення, продукування вихідних ресурсів), послідовність кроків для досягнення бізнес-цілей.

Представлення бізнес-процесів Орг.С відображає порядок взаємодії бізнес-процесів (рис. 4), відношення між ними та зовнішніми запитами. У разі необхідності це представлення дозволяє провести реінжинирінг бізнес-процесів Орг.С.

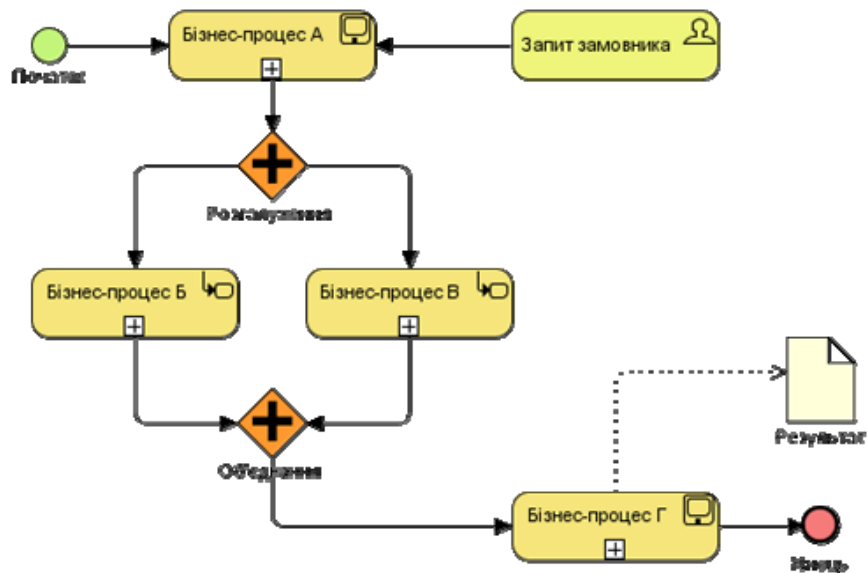


Рис. 4 Діаграма бізнес-процесу в нотації BPMN

Ці представлення відображають Орг.С з різних точок зору і є достатніми для переходу до моделювання ІКС.

Застосування бізнес-профіль для моделювання інформаційно-комунікаційних систем

Бізнес-модель Орг.С є основою для техніко-економічного обґрунтування представлення проектування ІКС. Представлення проектування ІКС реалізується діаграмами компонентів (component diagram), діаграмами внутрішньої структури та діаграмами діяльності.

Компонентне представлення ІКС відноситься до розширеного профілю бізнес-моделювання Орг.С. Розширений профіль Орг.С являє собою представлення системних сутностей, в термінах яких описується представлення проектування ІКС. Техніко-економічне обґрунтування проектування ІКС передбачає визначення загальносистемних ознак у відповідності з якими ІКС ділиться на окремі компоненти (рис. 5).

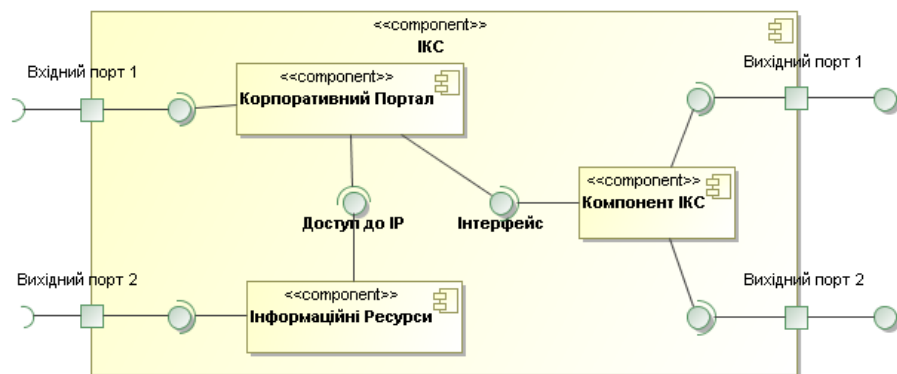


Рис. 5 Діаграма компонентів ІКС

Для компонентного представлення ІКС використовуються стереотипи мови UML (рис. 5) [4]:

- компонент — модульна частина системи, яка інкапсулює свій вміст і реалізація якої може бути замінена іншою системою за умови збереження середовища функціонування;
- інтерфейс — тип класифікатору (множина елементів, які мають спільні властивості), який представляє опис множини погоджених відкритих можливостей та обов'язків;
- порт — це характеристика класифікатору, який визначає чітку точку взаємодії між класифікатором та зовнішніми елементами або між класифікатором та його внутрішніми частинами.

Компонентна модель ІКС — це сукупність компонентів, які реалізують набір інтерфейсів з чітко визначеними специфікаціями.

Інтерфейси використовуються для реалізації взаємодії між компонентами. В цьому випадку розрізняють забезпечений інтерфейс (provided interface) і з'являючий інтерфейс (required interface). Точка взаємодії реалізації компонента та специфікації компонента визначається портом. Первинний поділ на компоненти проводиться ще на етапі виконання бізнес-моделювання Орг.С.

Висновки

Таким чином, розробка бізнес-профіля є однією із перших стадій реалізації проектів інформатизації Орг.С. Бізнес-модель дозволяє визначати показники техніко-економічного обґрунтування на проект інформатизації Орг.С, специфікації компонентів і артефактів Орг.С, сформувані корпоративний стандарт на ІКС.

Застосування прикладного системного аналізу та компонентного представлення дозволяє:

- забезпечити поділ проекту на загальносистемні частини які реалізують визначені групи функцій;
- врахувати всі сутності проекту інформатизації;
- зберегти загальносистемні рішення попередніх проектів.

Застосування графічної мови моделювання UML дозволяє автоматизувати генерацію кодів програмного забезпечення на кожній ітерації проектування ІКС.

Л і т е р а т у р а

1. Г. Буч, А. Якобсон, Дж. Рамбо UML. Классика CS. 2-е изд./ Пер. с англ.; Под общей редакцией проф. С. Орлова — СПб.: Питер, 2006. — 736 с.: ил.
2. Маслянюк П.П. Системне проектування процесів інформатизації // Наукові вісті НТУУ "КПІ". 2008, № 1, с. 28-36.
3. Hans-Erik Eriksson, Magnus Penker Business Modeling with UML: Business Patterns at Work. John Wiley & Sons 2000.
4. Маслянюк П.П., Майстренко О.С. Система моделювання бізнес-процесів організаційної структури. Праці XIII Всеукраїнської наукової конференції "Сучасні проблеми прикладної математики та інформатики", Львів 2006. С.103.
5. OMG Unified Modeling Language (OMG UML), Superstructure, V2.1.2

Маслянюк П.П., Стокоз К.В.

СИСТЕМНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ ПОРТАЛІВ ІЗ СЕРВІС-ОРІЄНТОВАНОЮ АРХІТЕКТУРОЮ

В статті представленні результати застосування системного проектування для розробки порталів. Запропонована технологія автоматизації проектування порталів із застосуванням сервіс-орієнтованої архітектури.

Вступ

Створення високопродуктивних інформаційно-комунікаційних систем (ІКС) передбачає виконання чітко визначених етапів системного проектування ІКС. Компонентний процес розробки вимагає поділу ІКС на частини – компоненти [1]. До найважливіших компонентів слід віднести інформаційні ресурси та корпоративні портали.

Тут під словосполученням «корпоративний портал» ми розуміємо інтегрований інтерфейс з персоналізацією доступу до інформаційних ресурсів ІКС [2].

Інформаційний ресурс – сукупність документів у інформаційних системах (бібліотеках, архівах тощо) [3].

За структурними ознаками найбільш поширенні інформаційні ресурси є файлові системи, зосереджені та розподіленні інтегровані бази даних, інформаційні сховища та інформаційні колектори.

Системне проектування корпоративного поталу базується на специфікаціях компонентів.

Автоматизація проектування корпоративного порталу забезпечує мінімізацію ризиків пов'язаних із створенням порталу на всіх етапах його життєвого циклу.

В результаті дослідження підходів до проектування порталів обґрунтовано вибір технології проектування із застосуванням сервіс-орієнтованої архітектури (SOA) [4].

SOA являє собою методологію розробки ІТ-рішень, які безпосередньо відповідають вимогам та потребам компанії.

Постановка задачі

Мета роботи полягає у застосуванні прикладного системного аналізу та компонентного підходу для розробки технології проектування корпоративних порталів організаційних систем.

Системне проектування корпоративних порталів

На рисунку 1, 2 показані різні бачення необхідні етапи системного проектування та розробки гнучких сервісів корпоративного порталу із застосуванням SOA [5].

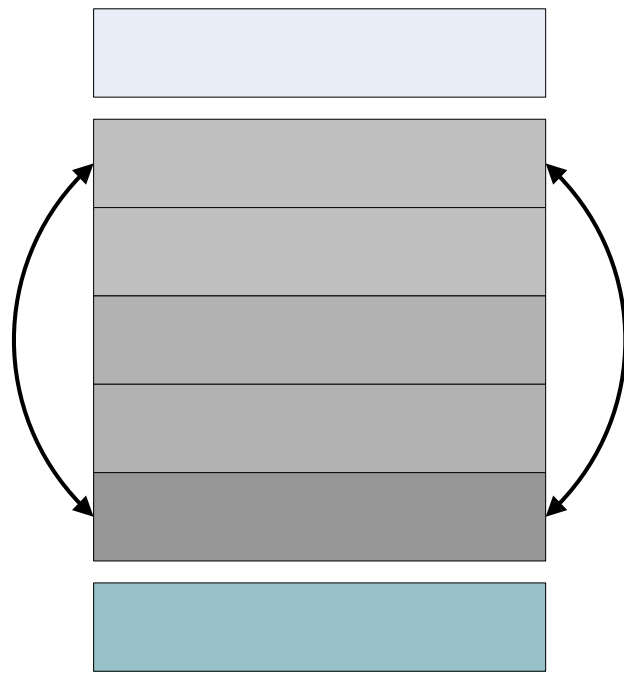
Етап аналізу та проектування компонентів: на цьому етапі досліджується об'єкт та його бізнес процеси.

Етап ідентифікації сервісів: на цьому етапі для сервісів кандидатів виконують оцінку відповідності бізнес цілям.

Існує декілька підходів для ідентифікації сервісів:

Знизу-вверх – потребує аналізу архітектури наявного застосування для ідентифікації сервісів.

Зверху-вниз – припускає аналіз бізнес-процесів, ідентифікація основних бізнес функцій [6].



Аналіз

Ідентифікація сервісів пор

Специфікація сервісів пор

Рис. 1 Етапи проектування та реалізації сервісів



Ідентифікація компонентів п

Ідентифікація компонентів п

Реалізація сервісів

Рис. 2 Структура процесу проектування сервісів

Реалізація SOA

Сьогодні не існує чіткої відповіді, який підхід краще, кожний з них має свої переваги та недоліки та значно залежить від застосування, яке ви проектуєте та від самого процесу проектування, яким ви користуєтесь. Основною перевагою ідентифікації зверху-вниз є те що сервіси ідентифікуються на кожному шарі застосування у відповідності до їх бізнес цілей. Але існують і недоліки, а саме, при

використанні цього підходу складно спроектувати сервіси, які можливо використувати повторно.

В свою чергу підхід знизу-вверх навпаки забезпечує великий потенціал для проектування та розробки сервісів які будуть використанні у багатьох бізнес процесах. При використанні цього підходу аналізуються наявні застосування та потоки їх даних, сервіси частіше за все, представляють собою сервіси інфраструктури, які потім організуються у композитні для забезпечення бізнес функцій.

Етап специфікації сервісів: на цьому етапі визначаються залежності, внутрішня структура сервісе, обмеження показників якості обслуговування і т.ін.

Етап ідентифікації компонентів: на цьому етапі визначенні основні компоненти, які будуть використані для реалізації сервісу.

Етап специфікації компонентів: на цьому етапі визначаються атрибути і операції та внутрішня структура компоненту і т.ін.

Це той етап проектування де фактично реалізується розроблена архітектура при визначеній моделі, платформі та мові програмування.

В роботі для реалізації порталів із сервіс-орієнтованою архітектурою пропонується власна платформа [4].

Платформа базується на ідеї застосування портлетів та Rational Software Architect для проектування порталів. В якості графічної мови моделювання використовується Unified Modeling language (UML).

Технологія проектування

У технології системного проектування порталів слід виділити такі етапи (рис. 3).

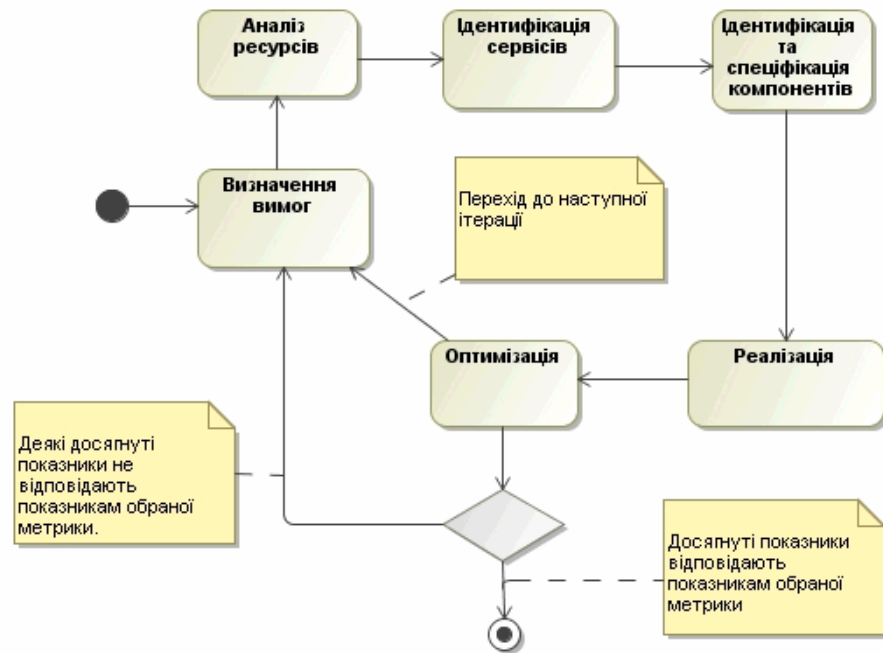


Рис. 3 Представлення етапів технології розробки portalу.
Діаграма діяльності в нотації UML

Визначення вимог до порталу

Основним завданням цього етапу є формулювання мети та формалізація задач проектування порталу. Мета може бути поділена на окремі та/або інкапсульовані частини.

Формалізація задач проектування порталу повинна бути конкретна, мати можливість вимірюватись та досягатись. Мета повинна мати необхідний набір показників ефективності значення яких відображають рівень досягнення поставленої мети.

Пізніше в процесі розвитку, ми зможемо використати ці показники ефективності для моніторингу і ефективності управління функціонування порталу.

Формулювання мети та формалізація задач проектування порталу може бути реалізоване на структурованій природній мові та на мові графічного моделювання UML.

Аналіз бізнес процесів Орг. С

В основу аналізу бізнес процесів Орг. С покладені основні положення прикладного системного аналізу та компонентного процесу розробки.

Аналіз бізнес процесів Орг. С проводиться на основі бізнес профіля. Результат аналізу бізнес процесів являє собою бізнес модель конкретної Орг. С і зокрема та її частина яка відображає бізнес модель функціонування порталу.

Бізнес модель повинна відображати статичне представлення, динамічне представлення та представлення управління бізнес процесами Орг. С.

В основу бізнес моделі покладено компоненту, як об'єкт управління ресурсами Орг. С.

Компонент – це модульна частина ІКС функціонування якої описане властивостями, які видимі ззовні.

Аналіз ресурсів

Так можна сказати, що ІКС це сукупність двох типів ресурсів hardware і software. Сираючись на компонентний підхід ІКС можна представити як систему яка складається з таких ресурсів:

- ресурси безпосереднього та/або віддаленого доступу до ІКС;
- ресурси продукування документів на паперових носіях;
- мережевих та телекомунікаційних ресурсів;
- інформаційних ресурсів;
- аудіо та відео ресурсів та ін.

Тут ми будемо розглядати тільки інформаційні ресурси. До основних типів відносяться файлові системи, зосереджені та розподілені інтегровані бази даних, інформаційні сховища та інформаційні колектори.

Вхідними даними для проектування порталу є необхідні і достатні відомості про наявні інформаційні ресурси викладені у відкритих іменованих специфікаціях.

Ідентифікація сервісів

Розробка моделі порталу починається з ідентифікації сервісів, які описують бізнес процеси. Далі розробляється початкова модель взаємодії сервісів. На цьому етапі нас не цікавлять конкретні деталі функціонування сервісів та їх специфікації. Як уже відзначалось ідентифікацію сервісів можливо проводити методами “зверху-вниз” та “знизу-вверх”.

Після ідентифікації сервісів проводиться класифікація та категоризація сервісів у ієрархію, яка відображає компонентну і функціональну природу сервісу. Класифікація допомагає визначити структуру та ієрархію сервісів, а також встановлює відношення між сервісами.

Ідентифікація та специфікація компонентів порталу

На цьому етапі проводиться ідентифікація та специфікація компонентів порталу, визначаються основні бізнес правила, обмеження та специфікації сервісів.

Одним із найважливіших елементів специфікації є інтерфейс (контракт) між постачальником та споживачем сервісів. Інтерфейс складається з двох частин. Перша - статична частина, визначає, яка інформація потрібна споживачу для використання сервісів. Використання контракту визначається забезпеченими інтерфейсами та затребуваними інтерфейсами компоненти. Інтерфейси складаються з доступних операцій, їх вхідних та вихідних параметрів, виключень та умови реалізації. Ці операції описують перелік функцій та обов'язків у процесі надання сервісів.

У другій частині інтерфейсу визначається, що повинні робити виконавці для того, щоб задовольнити умови реалізації інтерфейсу. Це означає, що реалізація контракту визначає повідомлення або протоколи комунікацій, які повинні бути реалізовані та композиції сервісів, які повинні бути збережені для повторного використання.

Реалізація сервісів потралу

На цьому етапі сервіс з іменованою специфікацією розробляється або "з нуля", або, у разі наявності готових рішень, може бути використаний повторно. Далі вирішуються задачі трансформації та забезпечення інтегрованості сервісів із застосування. Для безпосередньої реалізації сервісів передбачається розробка відповідних функцій безпеки, управління та моніторингу роботи сервісів.

Оптимізація сервісів порталу

Після проведення кожної ітерації необхідним елементом розробки є оптимізація, яка передбачає порівняння отриманих показників ефективності функціонування з показниками метрики. У разі невідповідності отриманих показників та метрики проводиться повторна ітерація. У разі значної невідповідності необхідно переглянути обрані технології та розробку в цілому.

Оптимізація є і останнім етапом реалізації порталу. Тут застосовуються більш складні автоматизовані методи оптимізації статичного та динамічного представлення порталів.

Застосування технології проектування порталу

Продемонструємо особливості застосування технології проектування порталів при розробці Порталу Державної Податкової Адміністрації України (ДПА) ІКС Державної Податкової Адміністрації України.

Структура визначених сервісів порталу ДПА України представлена на рисунку 4.

Портал надає користувачам такі сервіси:

- сервіс «Електронний архів» - надає можливість переглядати наявні типи документів та їх короткі описи;
- сервіс «Пошук інформації» - забезпечує пошук інформації у відкритих розділах порталу за ключовою фразою;
- сервіс «Зворотній зв'язок» - дозволяє відправляти повідомлення адміністратору порталу (як за допомогою спеціальної форми, так і за допомогою поштового клієнта користувача);
- сервіс «Форум» - надає можливість переглядати та проводити адміністрування сервісу, отримувати статистичну інформацію (кількість зареєстрованих користувачів, кількість повідомлень у форумі, останній зареєстрований користувач, всього користувачів в on-line);

- сервіс «Фотогалерея» - надає можливість перегляду фотоматеріалів обраної галереї.
- сервіс «Інформаційні блоки» - надає можливість переглядати та переходити на анонсовану інформацію;
- сервіс «On-line конференція» - надає користувачам такі можливості: переглядати запитання з відповідями будь-якої конференції, виконувати пошук по конференціях, брати участь у активній конференції;
- сервіс «Персоналізовані сторінки» та ін.



Рис. 4 Сервіси порталу ДПА. Діаграма пакетів в нотатції UML

Зокрема для реалізації сервісу "Персоналізовані сторінки", який надає користувачам можливість проводити та отримувати статистичну інформацію з різних інформаційних ресурсів як ресурсів ІКС ДПА України та зовнішніх інформаційних ресурсів.

В результаті етапу проектування визначені основні артефакти порталу:

- діаграма станів функціонування сервісу "Персоналізовані сторінки" (рис. 5)
- діаграма варіантів використання сервісу "Персоналізовані сторінки" (рис. 6) та ін.

В результаті ми отримуємо фрагмент моделі порталу ДПА у вигляді сукупності діаграм достатньої для автоматизації генерації вихідних кодів сервісу Персоналізовані сторінки.

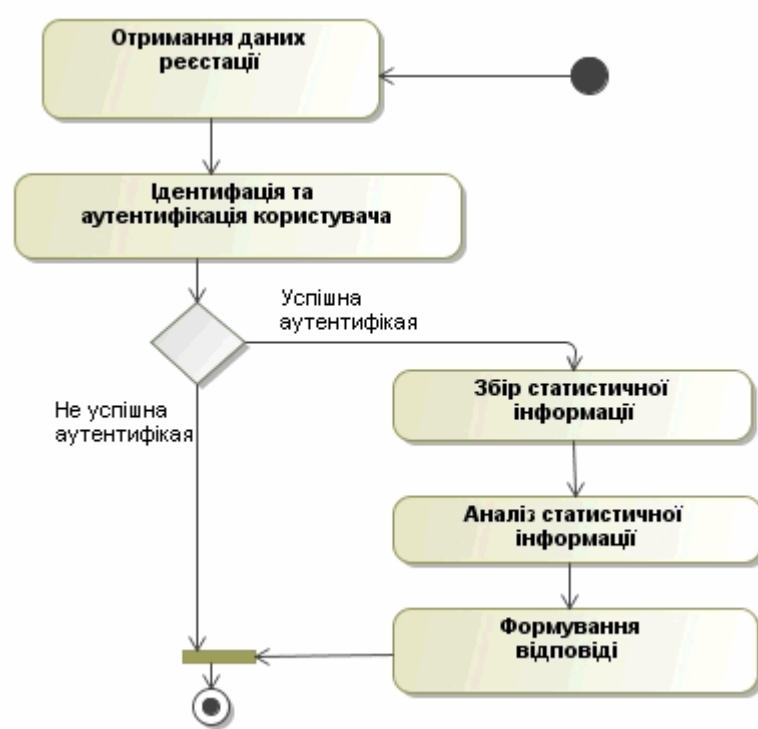


Рис. 5 Стани системи при обробці запиту користувача.
 Діаграма станів в нотатції UML

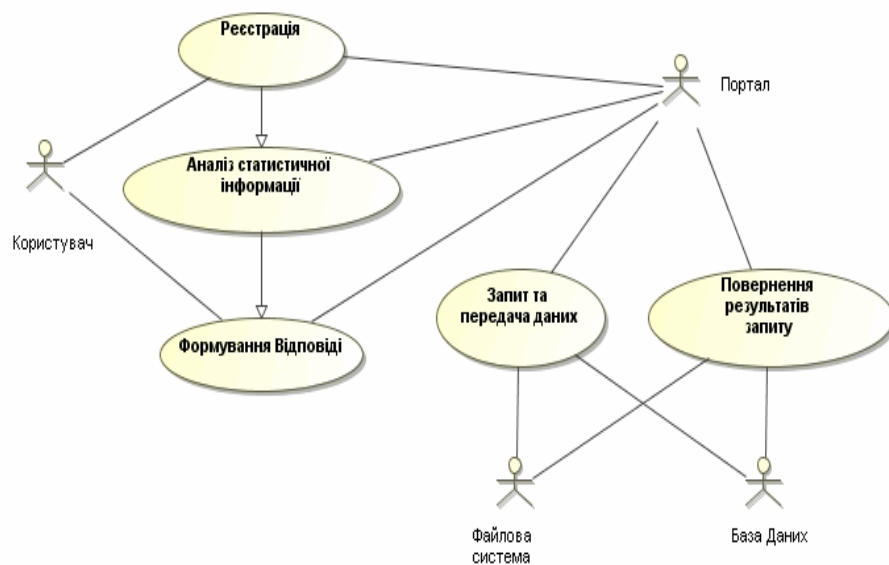


Рис. 6 Варіанти використання сервісу.
 Діаграма варіантів використання в нотатції UML

Висновки

Застосування прикладного системного аналізу та компонентного процесу проектування порталів забезпечує створення простої і прозорої технології проектування, реалізацію доступ як внутрішніх так і зовнішніх користувачів до зосереджених та розподілених інформаційних ресурсів для малих або локальних, середніх або регіональних і великих або глобальних ІКС.

Використання міжнародного стандарту графічної мови моделювання UML забезпечує автоматизацію генерацію вихідних кодів portalу на кожній ітерації і фазі розробки, дозволяє суттєво скоротити терміни реалізації, тестування та впровадження portalу.

Передбачена можливість розрахунку показників ефективності функціонування корпоративного portalу.

Література

1. Маслянюк П.П. Системне проектування процесів інформатизації. Наукові вісті НТУУ „КПІ”. 2008, №1 – с 201-208.
2. Маслянюк П.П., Стокоз К.В. „Проблеми проектування та застосування порталів” // Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля №5, 2007- с.149-157
3. Маслянюк П.П., Лісов П.М. Інформаційно-комунікаційні системи та технології обробки інформаційних ресурсів // Науковий вісник Кременчуцького університету економіки, інформаційних технологій і управління, №1-2, 2007, с. 164 -168
4. Маслянюк П.П., Стокоз К.В. „Розробка та дослідження технологій автоматизованого проектування корпоративних порталів” // “Сучасні проблеми прикладної математики та інформатики” - 2006. м.Львів с. 138-143
5. http://www.ibm.com/developerworks/rational/library/07/1002_amsden/
6. http://www-128.ibm.com/developerworks/blogs/page/johnston?entry=service_identification_top_down_or

УДК 62.007.2

**Меняйленко А.С., Романов В.А., Крыжановский А.И.,
Тихонов Ю.Л., Скачко В.В., Хмель А.В.**

ИНТЕРФЕЙС ДЛЯ ФРАГМЕНТА ВИРТУАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХПРОЦЕССА ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ.

Данная статья посвящена разработке техпроцесса дистанционного обучения. Предлагается фрагмент виртуальной лаборатории автоматизированного проектирования в виде приложения “Виртуальная лаборатория автоматизированной разработки ТП обучения” (ВЛАП ТПО), разработанного на языке Visual Basic.

Постановка проблемы

В настоящее время происходит процесс формализации описания техпроцесса обучения в области информатики. Это позволяет учитывать параметры, которые удастся формализовать в дидактическом процессе и психо - физиологические параметры ученика, как объекта управления, для оптимизации или хотя бы рационализации разрабатываемых техпроцессов с целью обеспечения их эффективности [1].

Формализация описания техпроцесса обучения позволяет проводить математическое моделирование. Это в свою очередь, при наличии формализованных критериев, позволяет ставить оптимизационные задачи и в качестве результата получать параметры процесса, обеспечивающие заданные критерием, что позволяет настроить техпроцесс обучения на параметры конкретной личности. При дистанционном обучении появляется возможность индивидуализации обучения.

Для этого необходимо не просто разработать курс, но и рациональный техпроцесс обучения по данному курсу. При этом необходимо учитывать сочетание и последовательность подачи информационных блоков, итоговых блоков, тестовых блоков. Необходимо иметь возможность возвращаться к упрощенному варианту изучаемого материала. Необходимо иметь механизм уточнения психофизиологических параметров студента. Разработка такого техпроцесса традиционным способом требует больших затрат времени, т.к. необходимо пересмотреть и проанализировать много вариантов структуры техпроцесса.

Для разработки техпроцесса дистанционного обучения по курсу «Новые информационные технологии» предлагается фрагмент виртуальной лаборатории автоматизированного проектирования в виде приложения «Виртуальная лаборатория автоматизированной разработки ТПО обучения» (ВЛАП ТПО), разработанного на языке Visual Basic. В начале работы приложения ВЛАП ТПО строится схема ТПО (рис. 1)

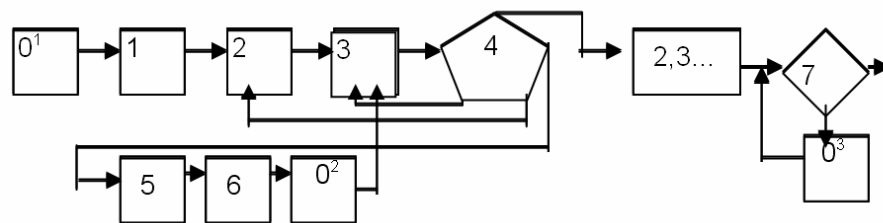


Рис. 1. Пример схемы ТПО

- 0¹ Подстройка на личность (в начале урока)
- 1. Введение
- 2. Информационный блок
- 3. Итоговый блок
- 4. Тестовый блок
- 5. Облегченный информационный блок
- 6. Ссылки
- 7. Итоговый тест
- 0² Подстройка на личность (после прохождения тестового блока)
- 0³ Подстройка на личность (после прохождения итогового теста)

Возможности разработчика курса среди прочего зависят от и функциональности интерфейса. Для эффективности проектирования техпроцесса обучения по курсу необходимо реализовать комплектацию техпроцесса информационными блоками, итоговыми блоками, тестовыми блоками, облегченными блоками, блоками индивидуализации. Эти блоки должны соответствовать построенной схеме техпроцесса обучения по курсу. На втором этапе приложение ВЛАП ТПО комплектует техпроцесс.

Окно программы (ВЛАП ТПО) состоит из рабочей области, в которой располагается интерфейс пользователя, включающий управляющие элементы.

В окне расположено 11 кнопок, соответствующих элементам техпроцесса обучения (рис.2)

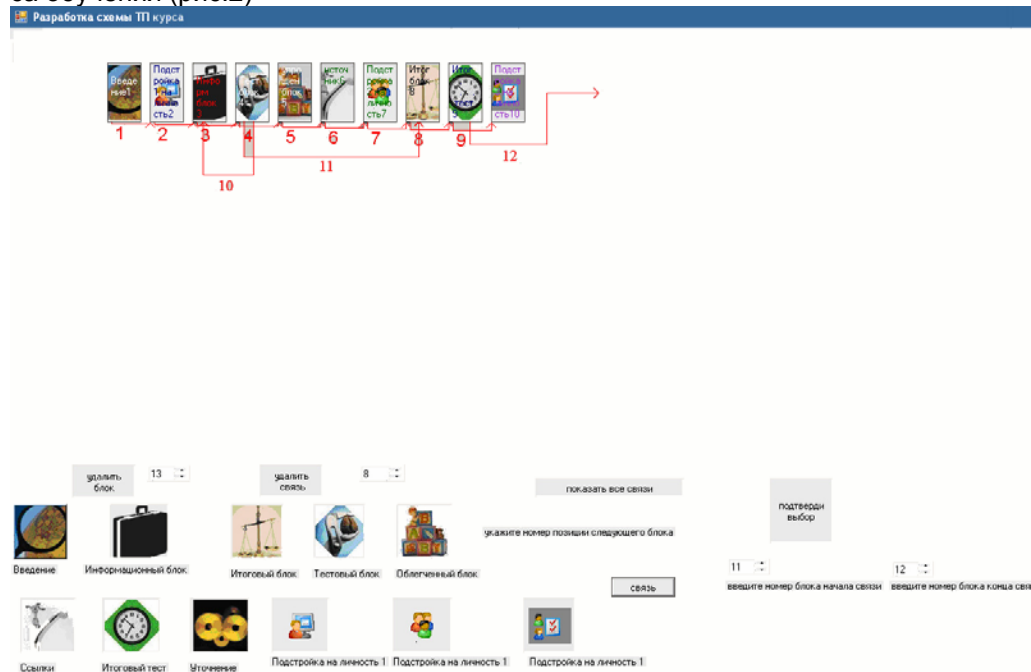


Рис. 2. Окно фрагмента виртуальной лаборатории по разработке курса «Новые информационные технологии»

1. Введение
2. Информационный блок
3. Итоговый блок
4. Тестовый блок
5. Облегченный информационный блок
6. Ссылки
7. Итоговый тест
8. Моделирование (анализ техпроцесса обучения)
9. Подстройка на личность (в начале урока)
10. Подстройка на личность (после прохождения тестового блока)
11. Подстройка на личность (после прохождения итогового теста)

Кроме того, в окне расположены метки с названиями кнопок под каждой кнопкой.

В правой части экрана расположены кнопки для указания связей между блоками. Под кнопками расположены метки с указанием выполняемых действий.

Слева над кнопками блоков расположены кнопки Удаления блоков и Удаления связей.

При начальном запуске приложения появляются кнопки блоков и элементы управления для вставки блоков (рис. 3)

При указании блока появляется в рабочем поле этот блок, исчезают кнопки блоков и система ждет подтверждения следующего номера блока (рис. 4).

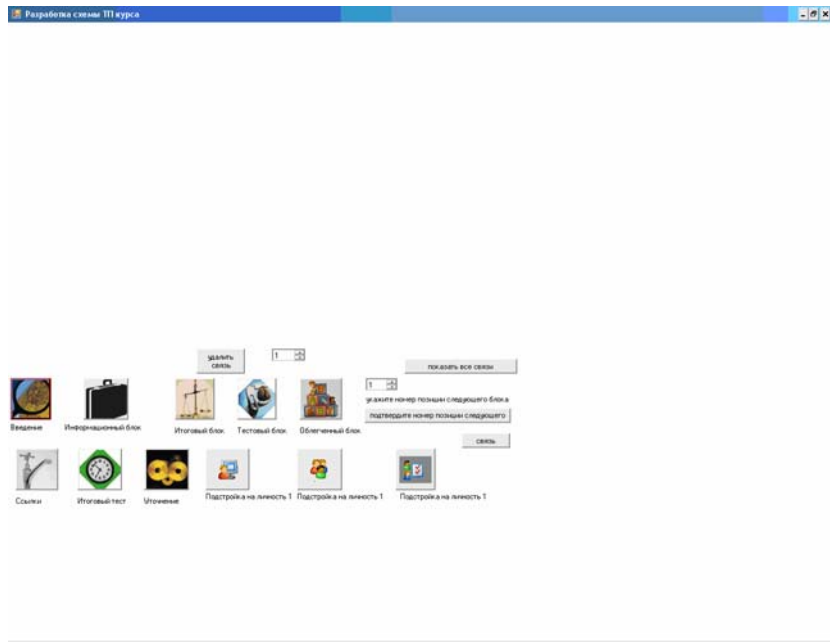


Рис. 3. Начальный запуск

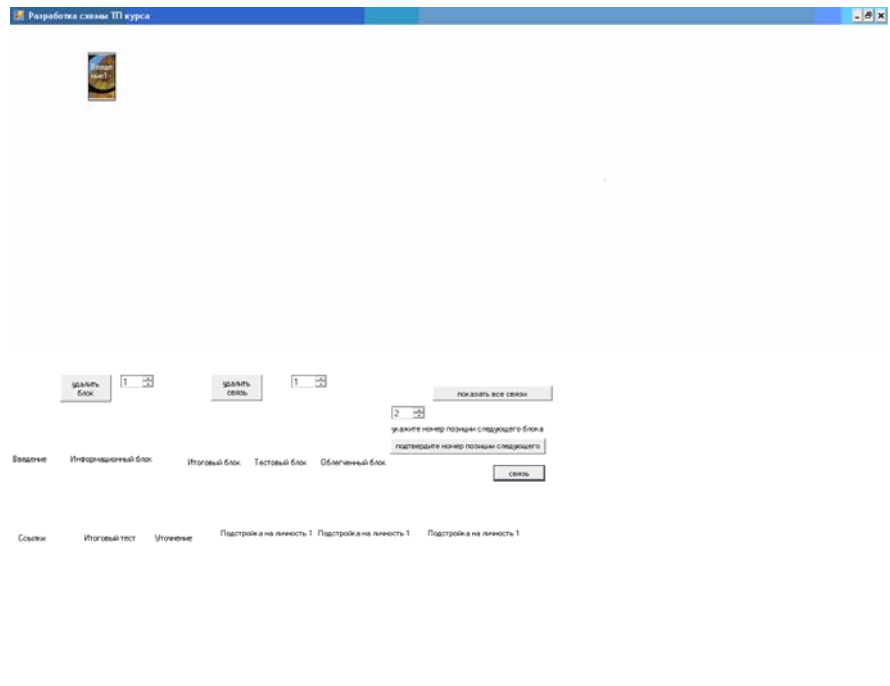


Рис. 4. Система ждет подтверждения следующего номера блока

Программа проверяет не занят ли указанная позиция блока. Если занято – выдает сообщение “Номер позиции занят – укажите номер позиции следующего блока”

Если номер позиции указан правильно, появляются кнопки блоков и можно вводить следующий блок.

Для установления связей между блоками необходимо нажать кнопку «Связь». Появляются указатели номера блока начала связи, номера блока конца связи и кнопка подтверждения выбора (Рис. 5).

После указания номера блока начала связи, номера блока конца связи и нажатия кнопки подтверждения выбора появляется линия связи и ее номер (Рис. 6).

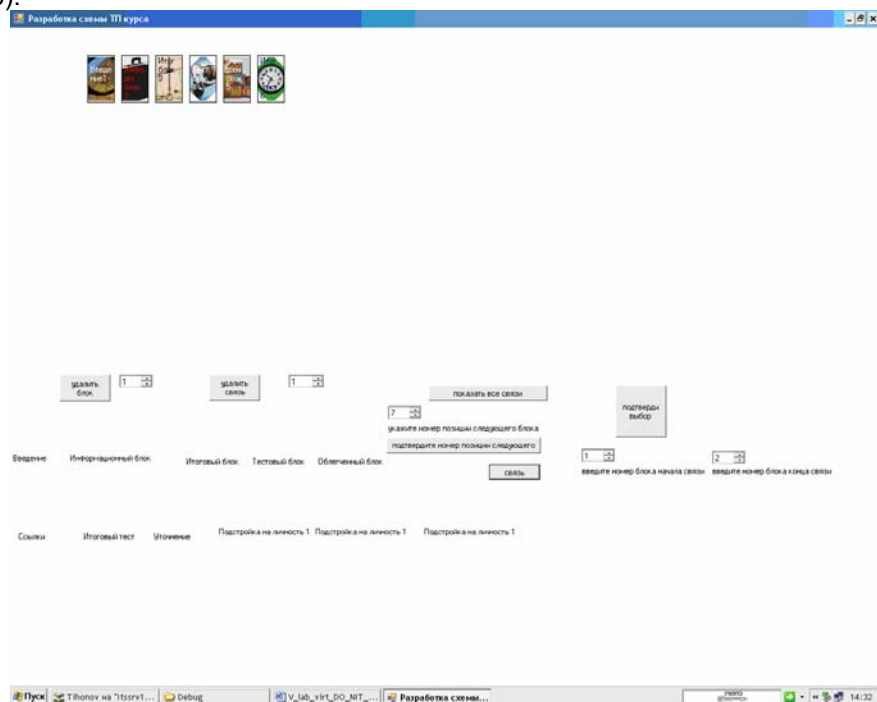


Рис. 5. После нажатия кнопки связь

Элементы управления вставкой связей исчезают.

В текущий момент отображается только одна связь. Для отображения всех связей необходимо нажать кнопку «Показать все связи». Для удаления блока, необходимо указать номер удаляемого блока, после чего нажать “Удалить блок”. Для удаления связи, необходимо указать номер удаляемой связи, после чего нажать “Удалить связь”.

Вывод

Для оптимизации структуры курса и его индивидуализации предполагается дополнить ВЛАП ТПО программными модулями “Моделирования процесса обучения” и “Сбора статистики”.

Предлагаемое приложение ВЛАП ТПО позволяет облегчить и ускорить разработку техпроцесса дистанционного обучения по курсу “Новые информационные технологии”.

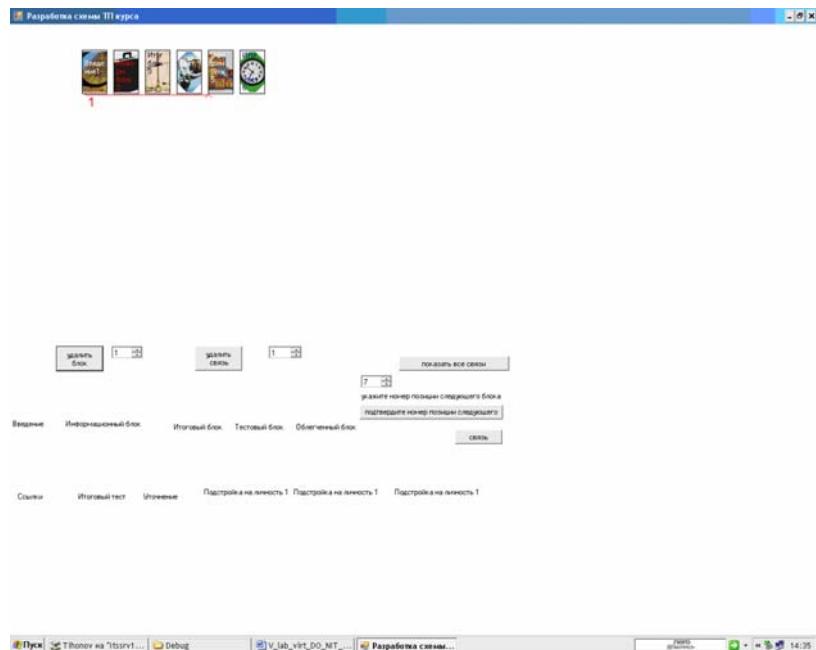


Рис. 6. После указания начала и конца связи

Л и т е р а т у р а

1. Меняйленко А.С., Могильный Г.А., Скачко В.В., Тихонов Ю.Л. Моделирование структуры курса учебной дисциплины. Вісник Луганського Національного педагогічного університету імені Тараса Шевченка. Частина II. Луганськ, «Альма-матер», № 21 (137), 2007 р., стр. 50-54

УДК 681.513

Моамар Д.Н., Уткина Т.Ю., Шувалова Л.А.

МЕТОД ВЕРИФИКАЦИИ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ КОНЕЧНЫХ АВТОМАТОВ

Предлагается метод верификации моделей конечных автоматов путем стимулирования неисправных состояний датчиков, контролирующих положения исполнительных механизмов. Моделирование в среде Active-HDL позволяет исключить конфликтные ситуации при отладке алгоритмов управления сложными механизмами. Реализация автоматов для управления возрастающим и убывающим фронтами технологических операций позволяет повысить производительность работы механизмов и сократить потери фасуемой продукции.

Введение. Во многих автоматизированных системах для управления сложными технологическими процессами используются цифровые автоматы, которые представляют устройства с конечным числом состояний. Проектирование графов состояний цифровых автоматов в синтезируемых алгоритмах тре-

бует строгого соблюдения последовательности активизации исполнительных механизмов, которая определяется технологом и задается в виде циклограммы [1].

Поскольку технологические процессы выполняются параллельно, то для координации действий исполнительных механизмов необходимо контролировать как факты включения/выключения, так и моменты времени, в которые механизмы достигают своих конечных положений. К тому же, существует возможность ухудшения динамических свойств данных механизмов из-за изношенности движущихся элементов или неисправности в системе энергообеспечения, например, утечки воздуха в трубопроводах пневмосистемы. Следовательно, если в установленный момент времени не достигнуто одно из заданных на циклограмме положений какого-либо исполнительного механизма, о чём свидетельствуют сигналы, полученные от соответствующих датчиков, то должен произойти аварийный останов цифрового автомата.

Цифровой автомат характеризуется набором внутренних состояний и переходов в эти состояния под воздействием входных сигналов, при этом на каждом переходе или при определенных сочетаниях входных сигналов и самих состояний автомата формируются управляющие выходные сигналы [2]. Тогда математическую модель цифрового автомата можно представить следующим образом: в начальный момент времени $t = t_0$ автомат находится в состоянии $s(t_0) = s_0$ и остается в нем до момента $t = t_1$, когда появляется входной сигнал $x(t_1)$. Под воздействием сигнала $x(t_1)$ автомат переходит из состояния s_1 в состояние $s(t_1) = s_2$. При этом возникает выходной сигнал $y(t_1) = y_1$, определяемый как функция $y(t_1) = \varphi [s(t_1), x(t_1)]$. Таким образом, при подаче произвольного сигнала $x(t) = x_i$ автомат переходит из состояния $s(t)$ в состояние $s(t+1)$, которое представляет собой функцию $s(t+1) = \psi [s(t), x(t)]$, и в результате автомат вырабатывает выходной сигнал $y(t)$.

Следовательно, цифровой автомат можно описать с помощью следующих параметров:

S_0 – начальное состояние автомата;

$S = \{s_0, s_1, \dots, s_m\}$ – множество внутренних состояний;

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_f\}$ – множество входных сигналов;

$Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$ – множество выходных сигналов;

$\psi = \{\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_n\}$ – совокупность функций перехода из одного состояния в другое;

$\varphi = \{\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_p\}$ – совокупность функций выходов.

Для описания технологических процессов автоматы удобно описывать с помощью двух таблиц, одна из которых содержит функции переходов $\psi: (Q \otimes X) \rightarrow Q$, а другая – функции выходов $\varphi: (Q \otimes X) \rightarrow Y$. Однако информация, приведенная в циклограммах о причинно-следственных связях между исполнительными механизмами, не позволяет формализовать процесс синтеза функций переходов и выходов, необходимых для построения моделей цифровых автоматов.

Целью данного исследования является разработка метода верификации моделей цифровых автоматов предназначенных для управления технологическими процессами, на основе функционального моделирования и анализа возможных неисправностей исполнительных механизмов, что обеспечит прогнозирование последствий неисправностей технологического оборудования на этапе отладки алгоритмов, а также снизит трудоемкость поиска и устранения неисправностей.

Решение данной задачи осуществляется в условиях, когда объектом управления является сложная техническая система, состоящая из заданного количества N исполнительных механизмов, состояния которых контролируются датчиками. Так как обычно все механизмы имеют два конечных положения, то число датчиков равно $2N$.

Для каждого исполнительного механизма необходимо обеспечить строгое соблюдение последовательности выполнения следующих операций:

- активизация механизма в заданный момент времени;
- контроль достижения механизмом первого конечного положения;
- задание продолжительности включенного состояния механизма и его выключение;
- контроль достижения механизмом второго конечного положения.

Если одна из данных операций выполняется не в заданные промежутки времени, то это может привести к поломке механизмов или выпуску некачественной продукции.

Для соблюдения требований технологического процесса цифровой автомат, управляющий N механизмами, в худшем случае должен иметь $4N$ состояний, не считая начального, конечного и состояния для обработки неисправностей. В лучшем случае, когда все механизмы работают синхронно, потребуется всего 4 состояния для формирования цифровым автоматом управляющих сигналов. Однако вероятность такого совпадения событий очень мала.

Необходимым условием корректности модели цифрового автомата должно быть наличие двух сигналов управления для каждого исполнительного механизма: включения $Z_i \leq '1'$ и выключения $Z_i \leq '0'$. Удовлетворяющая данным условиям модель цифрового автомата позволит наглядно отобразить все причинно-следственные связи технологического процесса, что сократит ошибки при дальнейшем синтезе проекта автомата с помощью наиболее распространенных инструментальных средств.

Для построения сложных автоматов удобно применять иерархическое описание, что позволяет получить представление об общих принципах работы системы, а затем перейти к детальному анализу конкретных аспектов. При этом понимание работы системы будет происходить сверху вниз по иерархии описания. Сначала пользователь знакомится с основными компонентами описываемой части модели и принципами их взаимодействия, и далее переходит к углубленному и более детальному описанию интересующего его компонента.

1. Структурно-функциональная модель цифрового автомата. Представим структурно-функциональную модель (МСФ) цифрового автомата в виде совокупности, состоящей из восьми компонентов:

$$\text{МСФ} = (S_w, S_c, U, T_d, T_w, T_m, T_s, W),$$

где S_w – состояния, в которых выполняются операции управления технологическим процессом;

S_c – состояния, в которых выполняются контролируемые операции;

U – условия переходов;

T_d – моменты фиксирования конечных состояний исполнительных механизмов;

T_w – продолжительности активных состояний исполнительных механизмов;

T_m – модельное время;

T_s – суммарная продолжительность операций;

W – операции управления технологическим процессом.

Данную модель удобно представить в виде направленного графа, в котором состояния контроля положения исполнительных механизмов обозначаются символом \oplus . Состояния рабочих S_w и контролируемых S_c операций, отображающие происходящие события, располагаются не произвольно на плоско-

сти, а на оси модельного времени. Условия переходов U и действия на переходах W объединяются операций импликации $U \rightarrow W$. Рабочие операции W выполняются над множеством сигналов управления $Z = \{Z_1, \dots, Z_m\}$ и относятся к логическим операциям, при выполнении которых выбранному управляющему сигналу присваивается единица или нуль ($Z_i \leq '1'$ или $Z_i < '0'$).

Алгоритм управления для технологической операции j -го цикла будет иметь вид:

```
if (наступило время активизации i-го механизма) then
  begin
    перейти в следующее состояние;
    [сформировать сигнал активизации i-го механизма;]
  end
else
  begin
    увеличить модельное время;
    остаться в том же состоянии;
  end;
end;
```

В состояниях контроля S_c сравнивается текущее модельное время T_m с заданным значением времени, в которое выбранный исполнительный механизм должен перейти в конечное состояние. Состояния механизмов фиксирует множество датчиков $D = \{d_1, d_2, \dots, d_k\}$. Если при $T_m = T_{di}$ i -ый механизм не достиг конечного положения, то формируется флаг ошибки, например, $Error = 'A'$. Каждому исполнительному механизму соответствует специально установленное значение флага ошибки, например, взятое из символов латинского алфавита.

Алгоритм контроля для технологической операции j -го цикла будет иметь вид:

```
if (наступило время срабатывания датчика) then
  begin
    if (датчик сработал) then
      begin
        перейти в следующее состояние;
        [сформировать сигнал завершения работы i-
го механизма;]
      end
    else
      begin
        перейти в начальное состояние;
        сформировать флаг ошибки;
      end;
    end
  else
    begin
      увеличить модельное время;
      остаться в том же состоянии;
    end;
  end;
```

При фиксировании любой неисправности цифровой автомат переходит в состояние анализа отказов и по значению флага ошибки можно легко идентифицировать отказавший механизм, что уменьшает трудоемкость работ по восстановлению исполнительных механизмов.

2. Применение структурно-функциональной модели для синтеза системы управления фасовочно-упаковочным автоматом. Рассмотрим применение данной технологии для синтеза системы управления технологическими операциями расфасовки плодомолочной продукции, реализованной в виде цифрового автомата. С целью исключения ручных операций осуществляется

циклическая активизация исполнительных механизмов [2]. В первом цикле включаются два механизма, во втором три и т.д.

Модель цифрового автомата, управляющего операциями первого цикла для фасовочно-упаковочной машины карусельного типа, имеющей 10 исполнительных механизмов, приведена на рис. 1, а. На графе показаны три контролирующие операции, обеспечивающие фиксирование и сравнение моментов срабатывания датчиков D1, D2-1, D2-2 с заданными на циклограмме значениями. Все модельное время разбито на отрезки, соответствующие временным параметрам исполнительных механизмов, из которых только три выполняют технологические операции данного цикла.

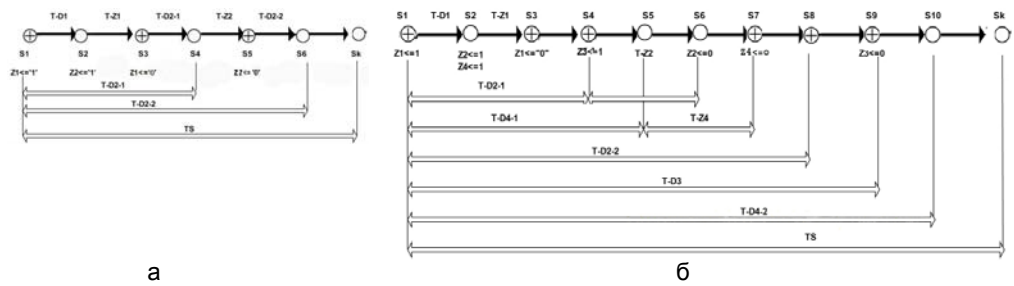
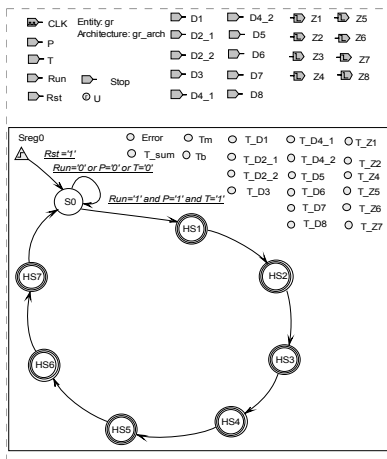


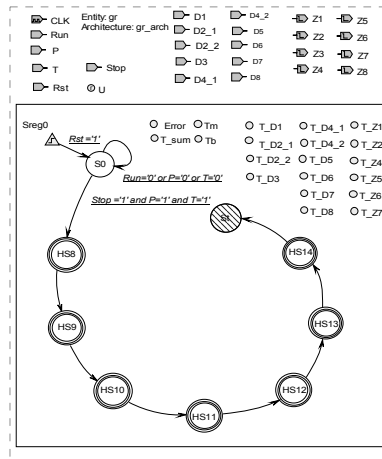
Рис.1. Модель цифрового автомата:
а – для первого цикла технологических операций,
б – для третьего цикла технологических операций

С ростом количества выполняемых технологических операций возрастает число причинно-следственных связей между механизмами и сложность модели цифрового автомата возрастает. Для третьего цикла технологических операций модель цифрового автомата приведена на рис. 1, б, граф которой содержит 11 вершин, из которых 6 соответствуют контролирующим операциям. Сложность моделей цифровых автоматов существенно возрастает при увеличении количества исполнительных механизмов и датчиков, контролирующих их положения, что подтверждает целесообразность применения новой технологии обработки информации.

В результате преобразования получается объединенная таблица, содержащая функции переходов и выходов, по которым можно построить граф-схему цифрового автомата в среде Active-HDL [3]. Структура проекта представлена иерархическим цифровым автоматом, на верхних уровнях представлены состояния, соответствующие операциям возрастающего и убывающего фронтов технологических операций. На нижних уровнях иерархии отображаются алгоритмы управления отдельными механизмами и операции контроля за их положениями. Графы цифровых автоматов приведены на рис. 2.



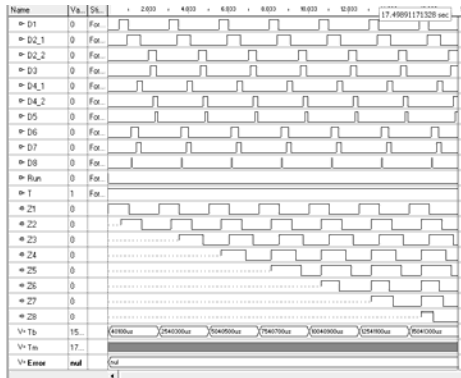
а



б

Рис.2. Иерархические графы верхнего уровня проекта:
а – для возрастающего фронта технологических операций,
б – для убывающего фронта технологических операций

Результаты моделирования операций возрастающего и убывающего фронтов технологических операций приведены на рис. 3.



а



б

Рис.3. Результаты моделирования технологических операций:
а – возрастающего фронта технологических операций,
б – убывающего фронта технологических операций

Последовательность выполнения операций управления для возрастающего фронта технологических операций обозначим через $H = \{W_1, \dots, W_i, \dots, W_k\}$, где k – количество циклов. В возрастающем фронте технологических операций в каждом цикле увеличивается количество активизированных механизмов, таким образом, что последний цикл включает все операции технологического процесса.

Последовательность управляющих операций для убывающего фронта можно отобразить следующим образом: $L = \{W_m, W_{m-1}, \dots, W_j, \dots, W_0\}$, где m – количество циклов. В убывающем фронте в каждом цикле технологи-

ских операций последовательно отключается один механизм, а последний цикл соответствует останову цифрового автомата.

3. Моделирование неисправностей цифрового автомата. Реакции моделей автоматов на возможные отказы механизмов вызываются путем имитации неисправных состояний датчиков, которые могут быть следствием изношенности механизмов или превышения времени их срабатывания за счет неисправностей в системе энергообеспечения. Приведем пример неправильной реакции цифрового автомата на неисправность датчика D8 – время срабатывания превысило заданное значение, все механизмы, кроме первого, не отключились до устранения неисправности механизма Z8 (рис. 4, а). Это может привести к поломке механизмов или другим катастрофическим последствиям. Правильная реакция цифрового автомата на неисправность датчика D8 приведена на рис. 4, б. Все механизмы отключились до устранения поломки механизма Z8.

При превышении заданного значения моментом времени срабатывания датчиков формируется флаг ошибки и автомат переходит из иерархического состояния нижнего уровня в состояние S_0 для анализа отказов.

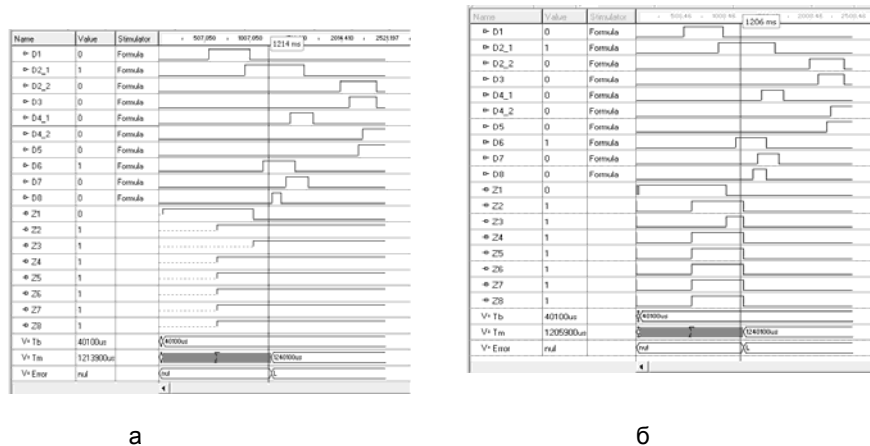


Рис.4. Реакции цифрового автомата на неисправность датчика D8: а – неправильная реакция, б – правильная реакция.

Выводы. Используя технологию синтеза структурно-функциональных моделей цифровых автоматов, информация, содержащаяся на циклограммах, преобразуется в промежуточную форму, удобную для синтеза цифровых автоматов при помощи современных инструментальных средств.

Имитация неисправных состояний датчиков за счет их выключения или задержки времени срабатывания позволяет выполнить верификацию модели цифрового автомата, что упрощает процесс отладки алгоритма управления. По значению флага ошибки идентифицируется отказавший механизм, что уменьшает трудоемкость работ по восстановлению исполнительных механизмов.

Л и т е р а т у р а

1. Шувалова Л.А. Методы абстрактного синтеза структуры и последовательности выполнения операций фасовочно-упаковочных машин// Вісник Хмельницького національного університету. – 2005. – № 4. – С. 55-58.
2. Карпов Ю.Г. Теория автоматов. – СПб.: Питер, 2002. – 224 с.
3. Проектування цифрових систем з використанням мови VHDL// В.В. Семенець, І.В. Хаханова, В.І. Хаханов. – Харків: ХНУРЕ, 2003. – 492 с.

Могильный Г. А., Киреев И. Ю.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРАЕКТОРИИ УКЛАДКИ АРМИРУЮЩЕГО МАТЕРИАЛА (АМ) ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ НЕСУЩИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ (НП) ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ (ЛА) МЕТОДОМ НЕПРЕРЫВНОЙ НАМОТКИ КОМПОЗИЦИОННЫМ МАТЕРИАЛОМ (КМ)

Данная статья посвящена сравнению, предложенного авторами, способа определения траектории укладки АМ при изготовлении намоткой НП ЛА, имеющих линейчатую разворачиваемую поверхность с традиционным, основанным на решении системы дифференциальных уравнений определяющих геодезическую на поверхности.

Введение

Наиболее распространенным и перспективным методом получения высокопрочных армированных конструкций из КМ является непрерывная намотка лент из однонаправленных волокон, нитей или жгутов, пропитанных связующим, с последующим его отверждением.

Процесс намотки изделий сложной формы, которыми являются несущие поверхности (НП) летательных аппаратов (ЛА), со сложной схемой армирования может быть реализован только с помощью программного управления. В этом случае можно обеспечить контроль над точностью процесса для получения максимальной прочности изделия, требуемой формы и удовлетворения других показателей качества при заданных весовых и геометрических характеристиках.

Важным этапом технологии изготовления НП из КМ является разработка управляющих намоточных программ (УНП) к намоточным станкам с ЧПУ который в общем случае, как и для спиральной намотки тел вращения должен начинаться с этапа ввода геометрической информации о изготавливаемом изделии [1,2].

Рассмотрим способы задания геометрической информации о изготавливаемом изделии.

В начертательной геометрии [3,4] поверхности задаются либо кинематическим способом, либо заданием множества точек или линий, называемых каркасом, определяющих поверхность.

При кинематическом способе формирование поверхности происходит в результате перемещения одной кривой (образующей) по другой кривой (направляющей). Поверхность будет определена, если возможно в любой момент движения образующей знать ее положение и форму. Наложение условий на форму образующей линии, направляющей линии, закон перемещения образующей позволяет формировать практически любые поверхности.

Другим способом образования поверхности и ее изображения на чертеже является задание поверхности множеством принадлежащих ей точек или линий. Точки и линии выбирают так, чтобы они давали возможность с достаточной степенью точности определять форму поверхности и решать на ней метрические и позиционные задачи. Множество точек или линий, определяющих поверхность, называют ее каркасом.

В дифференциальной геометрии поверхность в пространстве с системой декартовых координат X, Y, Z в самом общем параметрическом виде задается [5,6]:

$$\vec{r} = \vec{r}(u, v) = \{x(u, v), y(u, v), z(u, v)\} \quad (1)$$

где параметры u и v изменяются в некоторой замкнутой плоской области.

Однако приведенное аналитическое описание для сложных поверхностей к которым относятся НП ЛА получить затруднительно [6].

Более приемлемым способом описания геометрии поверхности сложной формы является описание сплайнами.

Наиболее удачным сплайном для построения поверхностей сложной формы является – В-сплайн и его производные. Для этого сплайна разработаны хорошие методы их вычисления, интерполяции и аппроксимации набора точек.

Каждая В-сплайн функция базируется на полиномах определенного порядка m . Если $m = 3$, то полиномы будут иметь порядок 3 и, следовательно, степень 2, то есть будут являться квадратичными В-сплайнами. Если $m = 4$, то соответствующие полиномы будут иметь степень 3, то есть будут кубическими.

Поверхность на основе В-сплайн функций может быть представлена в виде тензорного произведения [7]:

$$P(u, v) = \sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^L P_{i,j} N_{i,m}(u) N_{j,n}(v), \quad (2)$$

где $N_{i,m}(u)$ и $N_{j,n}(v)$ – базисные В-сплайн функции (возможно различных порядков).

Описанию различных сложных поверхностей с использованием В-сплайнов посвящен ряд работ [8,9,10,11] и анализируя их можно прийти к выводу, что как само описание поверхностей является достаточно сложным, так и дальнейшее определение траектории укладки АМ основанное на решении системы дифференциальных уравнений в частных производных [6] является процедурой не тривиальной и достаточно трудоемкой. Так при изготовлении НП по предложенному способу [2] АМ укладывается по геодезическим линиям, дающим кратчайшее расстояние между двумя точками поверхности среди всех кривых на поверхности, соединяющих эти точки и главная нормаль в каждой точке геодезической кривой совпадает с направлением нормали к поверхности в этой точке (из этих свойств следует что геодезическая кривая на разворачиваемой поверхности на развертке поверхности вырождается в прямую).

В общем виде произвольная геодезическая линия на произвольной поверхности задается системой дифференциальных уравнений [6]

$$\begin{cases} \frac{d^2 u_\Gamma}{ds^2} + \Gamma_{11}^1 \left(\frac{du_\Gamma}{ds} \right)^2 + 2\Gamma_{12}^1 \left(\frac{du_\Gamma}{ds} \right) \left(\frac{dv_\Gamma}{ds} \right) + \Gamma_{22}^1 \left(\frac{dv_\Gamma}{ds} \right)^2 = 0, \\ \frac{d^2 v_\Gamma}{ds^2} + \Gamma_{11}^2 \left(\frac{du_\Gamma}{ds} \right)^2 + 2\Gamma_{12}^2 \left(\frac{du_\Gamma}{ds} \right) \left(\frac{dv_\Gamma}{ds} \right) + \Gamma_{22}^2 \left(\frac{dv_\Gamma}{ds} \right)^2 = 0. \end{cases} \quad (3)$$

Где через s обозначена длина дуги вдоль геодезической, а через Γ_y^k символы Кристоффеля 2-го рода, которые алгоритмически просто могут быть вычислены по формуле:

$$\Gamma_y^k = (-1)^k \frac{\langle \vec{r}_{3-k}, \vec{r}_y, [\vec{r}_1, \vec{r}_2] \rangle}{\|[\vec{r}_1, \vec{r}_2]\|^2}, i, j, k = 1, 2 \quad (4)$$

(квадратные скобки обозначают векторное произведение двух векторов, угловые скобки – смешанное произведение трех векторов). В развернутом виде символы Кристоффеля имеют следующий вид:

$$\begin{aligned}\Gamma_{11}^1 &= \frac{1}{2\sigma^2} \left(\partial_{22} \frac{\partial g_{11}}{\partial u} - 2\partial_{12} \frac{\partial g_{12}}{\partial u} + \partial_{12} \frac{\partial g_{11}}{\partial v} \right), \\ \Gamma_{12}^1 &= \Gamma_{21}^1 = \frac{1}{2\sigma^2} \left(\partial_{22} \frac{\partial g_{11}}{\partial v} - \partial_{12} \frac{\partial g_{22}}{\partial u} \right), \\ \Gamma_{22}^1 &= -\frac{1}{2\sigma^2} \left(g_{22} \frac{\partial g_{22}}{\partial u} - 2g_{12} \frac{\partial g_{12}}{\partial v} + g_{12} \frac{\partial g_{22}}{\partial v} \right), \\ \Gamma_{11}^2 &= -\frac{1}{2\sigma^2} \left(g_{12} \frac{\partial g_{11}}{\partial u} - 2g_{11} \frac{\partial g_{12}}{\partial u} + g_{11} \frac{\partial g_{11}}{\partial v} \right), \\ \Gamma_{12}^2 &= \Gamma_{21}^2 = \frac{1}{2\sigma^2} \left(g_{11} \frac{\partial g_{22}}{\partial u} - g_{12} \frac{\partial g_{11}}{\partial v} \right), \\ \Gamma_{22}^2 &= \frac{1}{2\sigma^2} \left(g_{12} \frac{\partial g_{22}}{\partial u} - 2g_{12} \frac{\partial g_{12}}{\partial v} + g_{11} \frac{\partial g_{22}}{\partial v} \right), \\ \sigma &= \sqrt{g_{11}g_{22} - g_{12}^2}.\end{aligned}\tag{5}$$

Коэффициенты первой квадратичной формы поверхности [5,6] имеют вид

$$E = g_{11} = (\vec{r}_1, \vec{r}_1), F = g_{12} = g_{21} = (\vec{r}_1, \vec{r}_2), G = g_{22} = (\vec{r}_2, \vec{r}_2).\tag{6}$$

Видно что, представленная система обыкновенных дифференциальных уравнений, задающая геодезические линии на поверхности, довольно громоздка, и ее численное решение при моделировании занимает немало времени, и хотя существуют методы упрощения этой системы для каких-либо классов поверхностей, поиска интегрируемых комбинаций, заменяющих собой эту систему [12], использовать данный метод построения геодезических при нахождении траектории укладки АМ на оправке НП ЛА являющейся линейчатой, разворачиваемой поверхностью [2] представляется не целесообразным.

Основное содержание

Определение траектории укладки АМ методом решения выше приведенной системы дифференциальных уравнений требует или использования систем компьютерной математики (СКМ), к которым относятся MathCAD, Math-Lab, Mathematica и Maple или разработку оригинальных приложений по решению систем дифференциальных уравнений в пределах CAD пакетов.

Значительно более целесообразным представляется нахождение траектории укладки АМ на поверхности оправки средствами CAD системы Компас по следующему алгоритму:

- построение развертки поверхности оправки НП ;
- нанесение на развертку поверхности НП геодезической линии;
- перенесение геодезической прямой на поверхность оправки НП
- («сворачивание» развертки с нанесенной на нее геодезической прямой).

Построение разверток разворачиваемых поверхностей основываются на свойстве инвариантности коэффициентов первой квадратичной формы поверхности. На основании этого можно сформулировать следующие свойства [13]:

1. Длины двух соответствующих линий поверхности и ее развертки равны между собой и поэтому замкнутая линия на поверхности и соответствующая ей линия на развертке ограничивают одинаковую площадь.

2. Угол между линиями на поверхности равен углу между соответствующими линиями на развертке. Геометрическое преобразование, при котором сохраняются величины углов, называется конформным, следовательно, построение разверток является конформным преобразованием.

3. Прямой на поверхности соответствует прямая на развертке (обратное утверждение не имеет смысла).

4. Если линии, принадлежащей поверхности и соединяющей две точки поверхности, соответствует прямая на развертке, то эта линия является геодезической.

5. Параллельным прямым на поверхности соответствуют параллельные прямые на развертке.

Для построения развертки поверхности НП применим метод триангуляции [13] суть которого состоит в аппроксимации поверхности треугольниками. Как известно треугольники можно строить как по двум сторонам и углу между ними, так и по трем сторонам. Мы применим метод триангуляции с последовательным построением треугольников по трем сторонам для чего необходимо, прежде всего, определить геометрические параметры оправки НП к которым относятся, профиль крыла, обводы которого имеют либо аналитическое описание, либо заданы дискретным массивом координат, величина корневой хорды b_0 , коэффициент сужения $\eta = b_0/b_1$, где b_1 концевая хорда и L половина размаха крыла. [2].

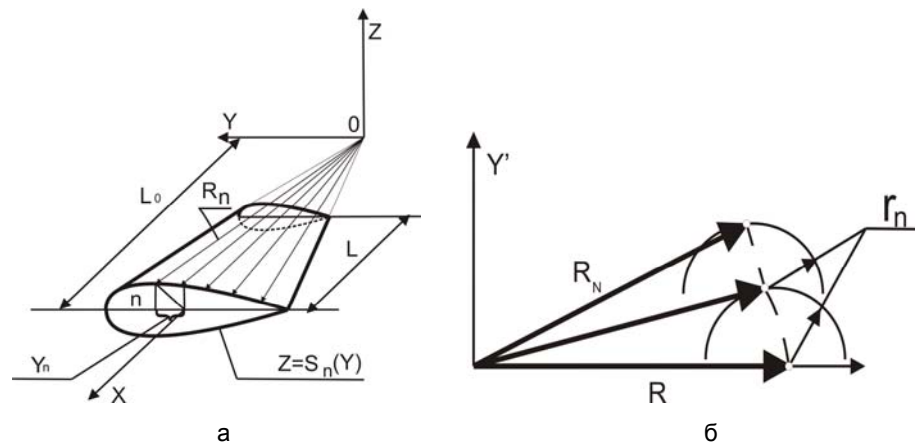


Рис. 1. К определению параметров развертки

Затем, воспользовавшись выражением (7) сформируем массив $R(n)$ образующих НП и определим длину дуги r_n по формуле (8), где $S_{OБP}$ длина направляющей а n количество образующих (см Рис.1 а).

$$R_n = \sqrt{(L_0)^2 + (Y_n)^2 + (S_n(Y_n))^2} \quad (7)$$

$$r_n = S_{\text{ОБР}} / n \quad (8)$$

имея полученный массив $R(n)$ и r_n , построим в координатах $X'OY'$ (см. рис. 1 б)) развертку НП для чего решим последовательно систему уравнений 9.

$$\left\{ \begin{array}{l} y'(x')_n = ky + \sqrt{(r_n)^2 - (x'_n - kx)^2}; \\ y'(x')_n = \sqrt{(R(n+1))^2 - (x'_n)^2}; \end{array} \right. \quad (9)$$

Таким образом получим массив координат развертки линии контура АП в координатах $X'OY'$ который можем аппроксимировать любым из существующих способ и получить линию развертки сечения НП.

Развертка НП ограничена двумя отрезками R_1 и R_n , совпадающими с характерным меридианом НП и двумя кривыми, построенными по координатам $(x'_n, y'(x')_n)$ (рис.2.).

Следующим этапом построения траектории укладки армирующего материала АМ на поверхности оправки согласно предложенного алгоритма является нанесение линий укладки на развертку поверхности.

Для этого необходимо выбрать схему укладки и определить основные параметры витка. Схема укладки а также параметры теоретического витка (базовое сечение, предельная точка витка, базовый меридиан, окружной угол V и угол армирования φ и угол α между плоскостями, проходящими через характерный меридиан и базовый меридиан витка) определены в [2].

Напомним некоторые важные параметры при укладке теоретического витка, так базовым сечением называется сечение параллельное траектории укладки армирующего материала, и имеющее одну общую точку с траекторией укладки АМ которая называется предельной точкой витка, базовым меридианом, называется меридиан лежащий в плоскости проходящей через ось вращения (при этом данная плоскость называется базовой меридиональной) и перпендикулярной траектории укладки армирующего материала в предельной точке витка, характерным меридианом называется меридиан проходящий через ось вращения и линию проходящую через начало координат местной системы координат АП, окружным углом V называется угол между плоскостью, в которой лежит базовый меридиан и плоскостью проходящей через ось вращения и текущую точку укладки с координатами $P(x, y, z)$, углом армирования φ в точке $P(x, y, z)$ называется угол между траекторией укладки АМ и меридианом, проходящим через данную точку. Следовательно, базовый меридиан образует с траекторией укладки АМ в точке касания с базовым сечением угол 90^0 .

Таким образом, для определения положения теоретического витка уложенного согласно предложенного способа [14] достаточно определить положение базового сечения, а именно задать координату x предельной точки витка и задать угол α определив предварительно характерный меридиан, при этом и развертку целесообразней начинать строить с характерного меридиана. В слу-

чае НП характерный меридиан устанавливаем в начало координат местной системы координат АП НП.

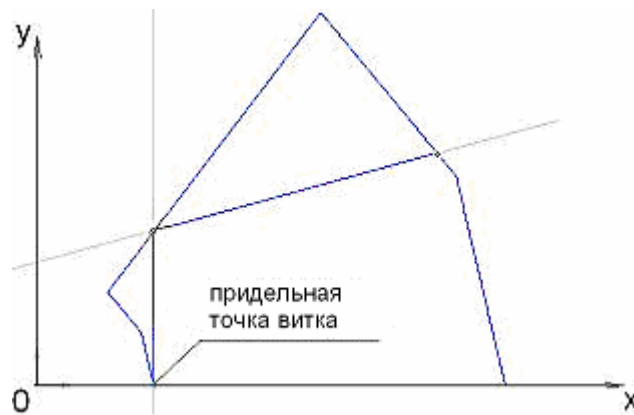


Рис. 2. Развертка НП с нанесенной на нее траекторией укладки АМ

Следующим этапом необходимо перенести полученные точки траектории на поверхность оправки для чего, имея соответствие между углом радиус вектора точки на развертке и окружным углом и используя характеристики линейчатой поверхности эту операцию выполнить достаточно просто.

В результате чего мы получаем траекторию укладки АМ на поверхности оправки НП (Рис. 3). (На приведенных рисунках изображена развертка НП и НП с траекторией укладки АМ со следующими характеристиками: $L = 300$ мм., $L_0 = 225$ мм., $b_0 = 140$ мм., образующая эллипс с отношением полуосей $35/2$, координата X предельной точки 75 мм., $\alpha = 0^\circ$).

Важным вопросом является доказательство адекватности предложенного алгоритма и его точности для этого необходимо рассчитать траекторию укладки АМ классическим способом для чего собственно нами и был в качестве образующей выбран эллипс.

Для этого мы воспользуемся СКМ MathCAD14. Согласно формулы (1) поверхность НП представляется как:

$$\vec{r}(\varphi, z) = \{b \cdot z \cdot p \cdot \cos \varphi, b \cdot z \cdot \sin \varphi, z\}; \quad (10)$$

где $b = 0.2333$, $p = 0.0571$;

Определяем производные по параметрам.

$$\vec{r}'_{\varphi}(\varphi, z) = \{-b \cdot z \cdot p \cdot \sin \varphi, b \cdot z \cdot \cos \varphi, 0\};$$

$$\vec{r}'_z(\varphi, z) = \{b \cdot p \cdot \cos \varphi, b \cdot \sin \varphi, 1\};$$

$$\vec{r}''_{\varphi}(\varphi, z) = \{-b \cdot z \cdot p \cdot \cos \varphi, b \cdot z \cdot \sin \varphi, 0\}; \quad (11)$$

$$\vec{r}''_{\varphi\varphi}(\varphi, z) = \{-b \cdot z \cdot p \cdot \cos \varphi, -b \cdot z \cdot \sin \varphi, 0\};$$

$$\vec{r}''_{zz}(\varphi, z) = \{0, 0, 0\};$$

$$\vec{r}''_{\varphi z}(\varphi, z) = \{-b \cdot p \cdot \sin \varphi, b \cdot \cos \varphi, 0\};$$

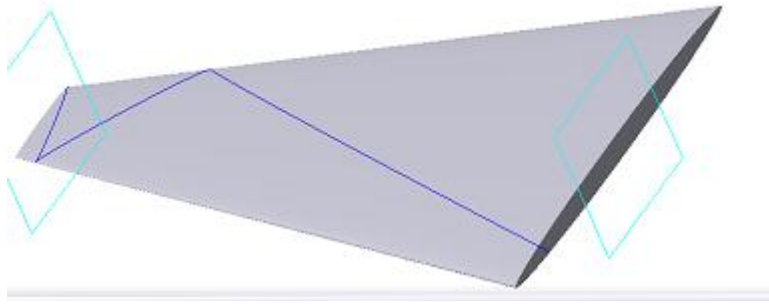


Рис 3. НП с нанесенной траекторией укладки АМ
(невидимые линии траектории укладки АМ показаны)

Исходя из выражения производных (11) векторной функции $\vec{r}(\varphi, z)$ найдем коэффициенты первой квадратичной формы для НП по формулам (6) так:

$$\begin{aligned}
 g_{\varphi\varphi} &= (p^2 * \sin^2 \varphi + \cos^2 \varphi) * (b * z)^2 \\
 ; \quad g_{\varphi z} &= -(1 - p^2) * \sin \varphi * \cos \varphi * z * b^2; \\
 g_{zz} &= b^2 * (p^2 * \cos^2 + \sin^2) + 1;
 \end{aligned}
 \tag{12}$$

Далее используя полученные коэффициенты по формулам (4) определяем символы Кристоффеля 2-го рода, подставив которые в формулы (5) получим систему дифференциальных уравнений, которую решим, используя метод Рунге-Кутты. Полученный результат для начальных условий соответствующих положению предельной точки витка представлен на рис. 4.

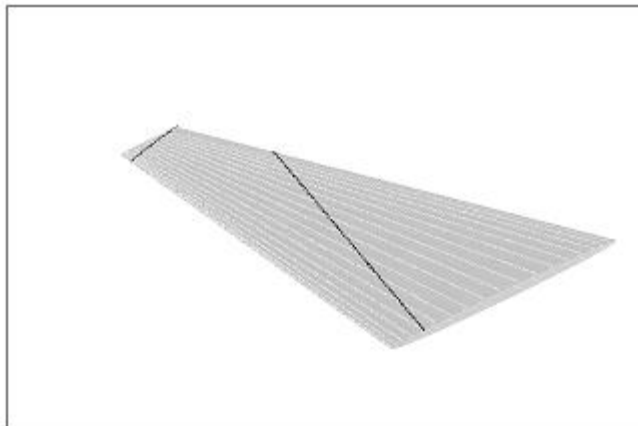


Рис . 4. Траектория укладки АМ на поверхности оправки НП полученная решением системы дифференциальных уравнений в СКМ MathCAD14

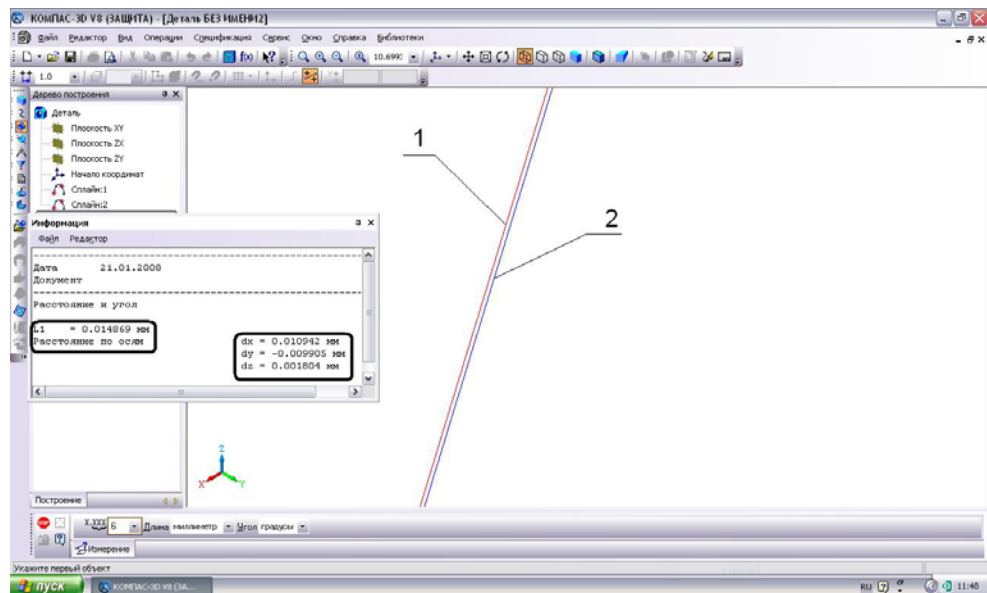


Рис 5. Часть кривых укладки АМ полученных по двум методам расчета траектории укладки АМ

Теперь необходимо сравнить результаты расчетов по предложенному и классическому методам для чего прорисуем траектории укладки АМ в САД системе “Компас” (рис5).

На рис. 5 представлен участок пространственных кривых на котором максимальное расстояние между расчетными траекториями 1 и 2 составляет 0,015 мм. что вполне допустимо(кривая 1 построена в результате расчетов проведенных по предложенной методике , кривая 2 построена в результате решения системы уравнений).

Для иллюстрации разработанного метода проведем расчет траектории укладки АМ на оправке, для построения поверхности которой в качестве направляющей был выбран АП Р-11-12 (рис. 6). При построении использовалось 80% профиля и выполнены округления радиусом 4,37 мм. по задней кромке.

Результаты построения траектории укладки АМ на оправке, построенной на основе АП Р-11-12 представлены на рис 7.

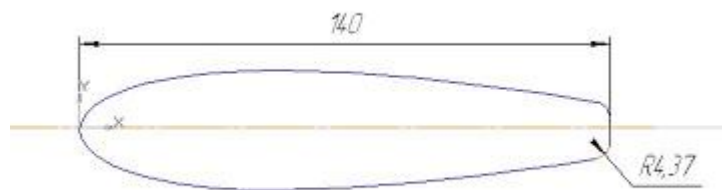


Рис. 6. Чертеж направляющей построенной на основе АП Р-11-12

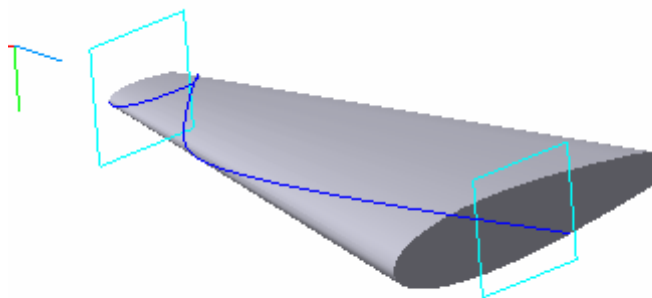


Рис. 7. Оправка НП с нанесенной на нее траекторией укладки АМ (невидимые линии траектории показаны)

Таким образом, предложенный метод построения траектории укладки АМ на поверхности оправки НП наряду с приложением, разработанным на его основе, позволяет объединить все проектно конструкторские работы в пределах САД системы “Компас”, что позволяет значительно уменьшить время на технологическую подготовку производства.

Л и т е р а т у р а

1. Машиностроение. Энциклопедия./Ред.совет: К.В. Фролов (пред.) –М.: Машиностроение. Технология производства изделий из композиционных материалов, пластмасс, стекла и керамики. Т. III-6/ В.С. Боголюбов, О.С. Сироткин, Г.С. Головкин и др.; Под общ. ред. В.С. Боголюбова. 2006. -576 с.: ил.
2. Могильный Г.А. Киреев И.Ю. Определение основных геометрических характеристик аэродинамических поверхностей при изготовлении методом намотки из композиционных материалов. Вісник Східноукр. нац. ун-та №4(110) С.158-167
3. Гордон, В.О. Курс начертательной геометрии [Текст] : учеб. Пособие для вузов / В.О. Гордон, М.А. Семенцов-Огиевский; – Изд. 25-е, - М. :Высшая школа, 2003. – 272.
4. Горельская, Л.В. Начертательная геометрия [Текст] : учеб. пособие по курсу «Начертательная геометрия» / Л.В Горельская, А.В. Кострюков, С.И.Павлов; – Оренбург. : ИПК ОГУ, 2001. – 118.
5. Дубровин Б.А., Новиков СП., Фоменко А.Т. Современная геометрия. – М.: Наука,1979.- 719с.
6. Рашевский П.К. Курс дифференциальной геометрии. – М.: Гостехиздат, 1946.- 420с
7. Хилл Ф. OpenGL. Программирование компьютерной графики. Для профессионалов. – СПб.: Питер, 2002. – 1088 с.
8. Битюков Ю.И. Моделирование поверхностей оправок, применяемых в процессе намотки //Прикладная геометрия. Applied Geometry [Электронный ресурс]: науч. журн. /Моск. авиационный ин-т (гос.техн.университет) «МАИ». – Электрон. журн. – Москва : МАИ, 1999. – №1; вып.1. – Режим доступа к журн.: <http://www.mai.ru/~apg> – Загл. с титул. экрана. – № гос. регистрации 019164.
9. Битюков Ю.И. Моделирование кривых и поверхностей оправок с помощью кубических В- сплайнов //Прикладная геометрия. Applied Geometry [Электронный ресурс]: науч. журн. /Моск. авиационный ин-т (гос.техн.университет) «МАИ». – Электрон. журн. – Москва : МАИ, 2005. – №14; вып.7. – Режим доступа к журн.: <http://www.mai.ru/~apg> – Загл. с титул.экрана. – № гос. регистрации 019164.(с) МАИ, 1999-2005
10. Битюков Ю.И. Моделирование кривых и поверхностей оправок с помощью кубических В- сплайнов. Случай равномерной сетки. //Прикладная геометрия. Applied

Geometry [Электронный ресурс]: науч. журн. /Моск. авиационный ин-т (гос.техн.университет) «МАИ». – Электрон. журн. – Москва : МАИ, 2005. – №14; вып.7. – Режим доступа к журн.: <http://www.mai.ru/~apq> – Загл. с титул.экрана. – № гос. регистрации 019164. (с) МАИ, 1999-2005

11. Журихин С.М. Применение сплайнов nurbs для построения оболочек наматывания сложной формы :«композиционные материалы в промышленности»
12. Материалы Двадцать шестой международной конференции и выставки 29 мая – 2 июня 2006 г., г. Ялта, Крым
13. Калинин В.А., Якунин В.И. Геометрическое моделирование технологического процесса намотки в производстве ЛА. – М.: изд-во МАИ, 1995.- 68с.
14. Кривошапко С. Н. К 82 Торсовые поверхности и оболочки: Справочник. — М.: Изд-воУДН, 1991. —287 с, ил.
15. Пат. N 2089444, Россия. Способ изготовления сложнопольных изделий из композиционных материалов методом непрерывной намотки.

УДК 681.51

Могильный Г. А., Тихонов В.Л. .

ОСОБЕННОСТИ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ НАМОТОЧНЫХ СТАНКОВ ЧПУ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ПРИВОД С ШАГОВЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

В статье приведены результаты исследования современных тенденций применения информационных технологий в модернизации систем управления специализированными намоточными станками с ЧПУ, использующих привод с шаговым двигателем ШД5.

Одно из перспективных направлений развития современной техники, в частности обрабатывающих промышленных станков, связано с модернизацией систем управления станков. Сами станки, как технологические машины (привода, станины, оснастка и т.д.), имеют еще достаточный ресурс их использования. В то же время, системы управления станками морально устарели и не обеспечивают новых технологических требований. Например, не обеспечивают требуемой траектории движения рабочего инструмента, или не удовлетворяют новым требованиям по энергосбережению, экологии и т.д. В таких случаях станок может быть модернизирован заменой системы управления.

Учитывая что привода, станины, оснастка и т.д., как правило, изготовлены из высококачественных, дорогих металлов экономичным является процесс модернизации станка, при котором происходит замена системы ЧПУ, а технологические элементы остаются прежними. [2]

Целью данной работы является анализ основных требований к системе управления НС с приводами на ШД при модернизации и пути ее усовершенствования.

Актуальность

Процесс замены при модернизации только системы ЧПУ отчетливо просматривается в промышленности всех развитых стран мира и касается большой номенклатуры станков: токарных, расточных и специализированных намоточных станков. Среди большой гаммы этих станков значительное распространение получил универсальный намоточный станок (НС) токарного типа с системой ЧПУ. В настоящее время это один из самых распространенных типов намоточного оборудования. Помимо экономических преимуществ отдельной модерни-

зации систем ЧПУ станков, появляется возможность улучшения контроля вспомогательных технологических процессов, например, контроль предварительного нагрева материала перед обработкой, контроль целостности подаваемого материала и многих других. [1]

Среди значительной номенклатуры намоточных станков (НС), требующих модернизации, большое распространение имеют универсальные НС токарного типа со старой системой управления, использующей в приводах шаговые импульсные двигатели (ШД). В настоящее время этот вид приводов остается на станках в значительном числе. Привод станка осуществляет вращение обрабатываемой заготовки. Удаленная ЭВМ старого типа выдает управляющие сигналы согласно программе обработки изделия. Шкаф электроники управления приводом станка преобразует и усиливает управляющие сигналы до уровня и формы необходимых для управления моторами приводов.

На рис.1 приводится укрупненная структурная схема системы управления станка до проведения усовершенствования системы управления станком ЧПУ.



Рис. 1. Укрупненная структурная схема системы управления станка до проведения усовершенствования системы управления станком ЧПУ

В процессе решения вопросов разработки системы управления требуется комплексно решать ряд серьезных, проблем, касающихся аппаратного обеспечения, выбора и анализа основных технологических параметров процесса производства, методов их контроля, разработки и оптимизации программного обеспечения системы управления.

Основной проблемой при модернизации приводов НС с ЧПУ является необходимость управления значительными мощностями приводов от очень слабых управляющих выходных сигналов задающих цифровых устройств или компьютера.

Это требует проектировать систему приводов, состоящую из многих блоков и элементов: например, блок силового питания, блок сопряжения, блок логического контроля, блок усиления мощности и т.д.

В свою очередь система привода требует подачи управляющих сигналов, состоящей из серий импульсов, строго определенных параметров: величины напряжения, амплитуды тока, формы импульса, частоты их следования и

т.д. Эти параметры, например форма импульса, могут значительно влиять на технологические возможности оборудования и требуют отдельного изучения.

В современных решениях сигналы управления должны формироваться цифровыми вычислительными устройствами. Основными способами формирования управляющих сигналов сейчас являются:

а) использование специализированных контроллеров управления, разработанных на базе микроконтроллеров;

б) использование специализированных компьютерных плат, вставляемых в слоты расширения системной шины компьютера класса IBM PC.

Оба этих направления имеют свои достоинства и недостатки.

Использование специализированных контроллеров управления, разработанных на базе микроконтроллеров позволяет уменьшить длину проводников интерфейсов, так как все управляющие блоки могут быть собраны в одном корпусе, устанавливаемом в непосредственной близости от станка. Это позволяет повысить помехоустойчивость, а, следовательно, и надежность работы всей системы ЧПУ. Размещение в одном корпусе позволяет так же упростить решения ряда технических проблем: охлаждения системы, питание всех блоков от одного источника питания, увеличивается компактность системы и снижается ее стоимость в целом. Кроме того один общий корпус гораздо легче герметизировать, что важно при работе станка с агрессивными, активными материалами (например, углеволокно).

Помимо вышперечисленных преимуществ, программа управления для контроллера занимает малый объем в памяти и выполняется быстрее, но она требует применение языков низкого уровня (ассемблера).

Недостатками применения для модернизации специализированных контроллеров управления, разработанных на базе микроконтроллеров являются необходимость разработки блоков сопряжения, некоторая усложненность аналого-цифрового (АЦП) и цифро-аналогового (ЦАП) преобразований данных на входе и выходе.

Использование специализированных компьютерных плат, вставляемых в слоты расширения системной шины компьютера класса IBM PC позволяет сократить количество применяемых блоков, и упростить ряд функций, так как эти блоки и функции преобразований уже внесены в конструкцию готовых плат. Упрощается программирование: программа управления для системы в этом случае может выполняться на языках высокого уровня, или, даже, на графических представлениях управления станком непосредственно технологом, а не программистом. Это резко сокращает время на подготовку к изготовлению новых типов изделий. Однако для такого программирования требуются большие объемы памяти и замедляется скорость исполнения управляющей программы.

Недостатками применения для модернизации специализированных компьютерных плат, вставляемых в слоты расширения системной шины компьютера класса IBM PC, являются необходимость введения в систему компьютера, что удорожает систему в целом и вынуждает увеличивать длину проводников интерфейсов, так как все управляющие блоки не могут уже быть собраны в одном корпусе, устанавливаемом в непосредственной близости от станка. Это снижает помехоустойчивость, а, следовательно, и надежность работы всей системы ЧПУ.

Размещение в цеху компьютера требует принимать меры к созданию потребных для его нормального функционирования условий – температуры, влажности, отсутствия в воздухе агрессивных, активных материалов (например, стекловолокно, эпоксидная смола, отвердитель, углеволокно). Это может потребовать размещения компьютера в отдельном, изолированном от цеха по-

мещении, или на значительном удалении от станка, что усложняет оперативную работу с системой ЧПУ и требует создания надежных каналов коммуникации (например, локальная компьютерная сеть с защищенными от помех каналами).

Анализируя затраты времени на проведение усовершенствования систем НС ЧПУ обоими вышеуказанными способами, можно отметить, что в целом затраты времени на модернизацию системы ЧПУ с применения специализированных компьютерных плат, вставляемых в слоты расширения системной шины компьютера класса IBM PC составляют меньшую величину, чем при использовании специализированных контроллеров управления, разработанных на базе микроконтроллеров. Однако возрастают затраты на разработку программного обеспечения, проектирование сопрягающих блоков и требуется закупка соответствующих процессу управления компьютерных плат.

Рассмотрим особенности усовершенствования системы управления для НС ЧПУ, использующих привод с шаговым двигателем (ШД), с применением специализированных компьютерных плат, вставляемых в слоты расширения системной шины компьютера класса IBM PC.

В этом случае в небольшом удалении от станка устанавливается персональный компьютер класса Office/Home IBM PC. В один из слотов шины расширения компьютера типа PCI устанавливается специализированная компьютерная плата, имеющая в своей конструкции узлы для преобразования выходных (OutPut) сигналов шины PCI компьютера в выходные (OutPut) импульсы прямоугольной формы, идущие для управления внешними устройствами (например, реле, пускатели, шаговые двигатели и т.д.). Так же на плате имеются узлы для преобразования входных (InPut) сигналов импульсной прямоугольной формы (например, от концевых выключателей, кнопок оперативного управления, датчиков, аварийных - блокирующих устройств и т.д.) во входные (InPut) сигналы шины PCI.

На плате имеются узлы для формирования сигналов для использования ресурсов компьютера: - системы прерываний компьютера, адресации входных и выходных портов для сигналов на входе и выходе, организации питания входных приемных каналов и т.д.

Особенностью такого рода плат является полная гальваническая развязка непосредственно компьютерных элементов платы, и ее частей, выдающих и принимающих внешние сигналы. Полная гальваническая развязка достигается использованием оптронов на внешних входах и выходах платы. Для питания внешних частей оптронов выходных каналов требуется подача внешнего питающего напряжения. Для питания внешних частей оптронов входных каналов может использоваться как внутреннее питание (непосредственно от шины PCI +5V), так и от внешнего питающего напряжения.

Программа управления формирует сигналы на шине PCI и снимает с нее входящие сигналы и таким образом реализует алгоритм управления системой НС ЧПУ.

Сигналы, снятые со внешних частей оптронов должны затем быть переданы на объекты их управления. Для этого необходимо применить внешние блоки, которые должны выполнять следующие функции: сопряжение с сигналами оптронов, преобразование к дальнейшему потребному виду и, наконец, усилению этого сигнала до требуемой мощности управления объектом.

Входные же внешние сигналы во многих случаях не требуют преобразований и могут быть поданы непосредственно на внешние части оптронов входных каналов в виде импульса перепада напряжения (например, от концевых выключателей, замыкающих и размыкающих цепь внешнего источника питания).

На рисунке 2 приводится укрупненная структурная схема системы управления станка НС ЧПУ с применением платы РСІ и управляющим компьютером и внешние ее интерфейсы.

На рисунке представлены:

- плата РСІ;
- управляющий компьютер;
- внешние интерфейсы платы РСІ;
- CPU компьютера;
- датчики параметров для станка D_1, D_2, \dots, D_n ;
- интерфейс с другими компьютерами C_1 ;
- внешний интерфейс с блоком контроля обрыва нитей C_2 ;
- субблок внешних интерфейсов subblok I/O.

Сигналы, снятые со внешних частей оптронов платы РСІ передаются на внешний блок преобразователей. Они согласуют и преобразуют сигналы к требуемому для управления шаговыми двигателями виду. Затем сигналы поступают на усилители для усиления этих сигнала до требуемой мощности управления непосредственно шаговыми двигателями.

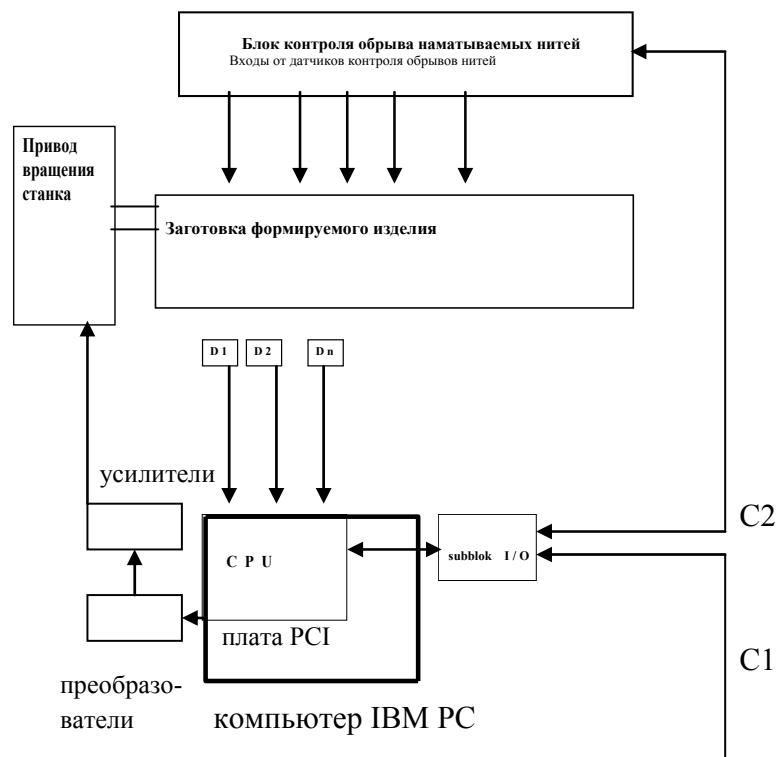


Рис. 2. Укрупненная структурная схема системы управления НС ЧПУ с применением платы РСІ и управляющим компьютером и внешние ее интерфейсы

Входные внешние сигналы от технологических датчиков (например, концевых выключателей) подаются на внешние части оптронов входных каналов в виде импульса перепада напряжения.

Более сложные технологические входные сигналы, используемые для повышения качества управления и устойчивости системы, [3] могут быть обработаны дополнительным блоком интерфейса - subblok I/O - субблок внешних интерфейсов.

Вышеописанная отдельная модернизация систем ЧПУ станков, имеет и другие достоинства. Так, дальнейший прогресс в использовании метода намотки и расширение спектра наматываемых изделий невозможен без комплексного совершенствования технологии процесса производства, разработки нового программного обеспечения и расширение возможностей его системы управления. Модернизации систем ЧПУ станков с использованием новых цифровых технологий наилучшим образом способствует этому, так как позволяет, используя новые компьютерные технологии взамен устаревших, применять новые, современные алгоритмы управления самим станком и движением рабочих инструментов.

Выводы

При модернизации станка ЧПУ привода, станины, оснастку и другие технологические элементы, как правило, изготовленные из высококачественных, дорогих металлов целесообразно оставлять прежними заменяя системы ЧПУ. Это касается большой номенклатуры станков: токарных, расточных и специализированных намоточных станков. Значительный экономический эффект можно получить на подобной модернизации универсального намоточного станка (НС) токарного типа со старой системой управления, использующей в приводах шаговые импульсные двигатели (ШД). В настоящее время это один из самых распространенных типов намоточного оборудования. Помимо экономических преимуществ появляется возможность улучшения контроля вспомогательных технологических процессов, например, контроль предварительного нагрева материала перед обработкой, контроль целостности подаваемого материала и многих других.

С аппаратной точки зрения вопрос может быть решен использованием персонального компьютера с дополнительным оборудованием:

- плата PCI;
- внешние интерфейсы платы PCI;
- датчики параметров для станка D1, D2, ..., Dn;
- интерфейс с другими компьютерами C1;
- внешний интерфейс с блоком контроля обрыва нитей C2 ;
- субблок внешних интерфейсов subblok I/O.

Л и т е р а т у р а

1. Современные системы ЧПУ и их эксплуатация. Босинзон М.А. Москва 2006 Издательство Academia
2. Автоматизация производства. Павлючков С.А., М. 2007 Издательство Academia
3. Теория автоматического управления. Савин М.С, Москва 2007 Изд. Феникс

ОСНОВНІ ЕТАПИ ГРАФІЧНОГО КОНВЕЄРУ

В статті представлено аналіз сучасних засобів обробки тривимірних зображень за допомогою графічного конвеєру.

Сучасні інтерактивні графічні системи при побудові об'ємних сцен дотримуються певної послідовності дій, які в сукупності складають графічний 3D-конвеєр. Метою графічного конвеєра – деякого програмно-апаратного засобу – є перетворити об'єкти, що описуються у трьохвимірному просторі в матрицю комірок відеопам'яті растрового дисплея, простіше кажучи, у множину пікселів на екрані – у растрове зображення. Підсумком роботи графічного конвеєра є рендеринг результуючого зображення на екрані.

Групу операцій, що виконують відокремлені проміжні дії прийнято називати стадією або етапом 3D-конвеєра. За виконання кожного з етапів відповідає своя підсистема: підсистема опису сцен у тривимірному просторі, геометрична підсистема, що об'єднує теселяцію геометричних моделей, афінні перетворення, видові перетворення та вибір моделі освітлення, підсистема рендерингу, яка містить у собі процеси видалення невидимих поверхонь, накладання текстур, зафарбовування та фінальне опрацювання сцени, підсистема кадрового буфера та підсистема візуалізації, що відповідають за кінцеве відображення об'ємної сцени а екрані.

Відокремлюють три основних етапи 3D-конвеєра – опис тривимірного зображення, геометричні перетворення та рендеринг. На етапі опису зображення визначаються стани складових об'єктів, їх взаємне розташування та визначається подальша стратегія дій над об'єктами. На етапі геометричних перетворень проводиться декомпозиція (розділення на примітиви), теселяція геометричних моделей, виконуються афінні та видові перетворення, визначається тип моделі освітлення. Етап рендерингу – це етап кінцевої візуалізації, на якому згідно з даними про зображення, отриманими на етапі геометричних перетворень, формуються видимі пікселі зображення, для яких визначаються екранні координати та кінцева інтенсивність кольору [1].

Перший етап конвеєра називається тріангуляцією, що означає розбиття на трикутники, з якими простіше працювати, оскільки трикутник є найпростішим полігоном, вершини якого однозначно задають площину; будь-яку область можна гарантовано розбити на трикутники; обчислювальна складність алгоритмів розбиття на трикутники набагато менша, ніж при використанні інших полігонів; для трикутника легко визначити три його найближчі сусіди, які мають із ним спільні грані. Тріангуляція буває двох видів, в залежності від об'єктів обробки. Якщо це багатокутник (наприклад, піраміда, призма, куб, ікосаедр тощо), то вони вже складаються із багатокутників, тому необхідно поділити їх грані на трикутники. Якщо це криволінійна поверхня, яка задається по точкам, то тут застосовуються складніші алгоритми (наприклад, метод Делоне). Буває і так, що спочатку об'єкт розбивається на багатокутники (тобто, виконується процедура так званої теселяції), а потім уже на трикутники.

Всі операції рендерингу виконуються за багатокроковим механізмом, який називають конвеєром рендерингу. Цей конвеєр складається із стадій тріангуляції, трансформації об'єктів, растеризації. Річ у тому, що принцип конвеєрної обробки 3D є технологічним стандартом. За конвеєрним принципом працюють усі тривимірні програмні інтерфейси і графічні акселератори. Однією з

основних та найбільш трудомістких процедур рендерингу є процедура зафарбовування, згідно з якою для кожної точки поверхні визначається інтенсивність кольору та екранні координати. На початку процедури зафарбовування вибирається модель освітлення, яка визначає взаємодію об'єкта зі світлом, яке на нього падає. При цьому враховується розташування джерела світла, його тип, а також оптичні властивості матеріалу, з якого виготовлено об'єкт. За оптичні характеристики об'єкта відповідає двопротенева дистрибутивна функція (BRDF) кількох змінних, які характеризують властивості матеріалу, з якого виготовлено об'єкт [2].

Під час трансформації перетворюються координати об'єктів. По-науковому, до них застосовуються матриці трансформації. Перед наступним етапом можна реалізувати по-вершинне освітлення, коли кожна вершина отримує значення освітлення, а потім вони інтерполюються по поверхні полігону. Також на цьому етапі присутні вершинні шейдери, які дозволяють деформувати чи викривляти об'єкти при зміні координат вершин. Трансформація вигляду полягає в тому, що координати об'єктів, що займали місця в системі координат сцени транслюються в координати, що прив'язані до віртуальної камери, це робиться для спрощення наступного підкроку – трансформації проєкції. На цьому кроці відбувається проєкція тривимірних об'єктів в двовимірну площину. Те, що видно на цій площині, це є результат зйомки віртуальної камери.

Для того, щоб на вхід наступних етапів конвеєра не поступала лишня інформація, тобто об'єкти, чи їх фрагменти, які не потрапляють в поле видимості камери, застосовуються різні методи відсічення невидимих частин. Однак ця задача не настільки тривіальна, наскільки здається. Для відсічення спочатку використовуємо об'єм відсічення (clipping volume), тобто шістьма площинами за трьома координатами обмежується область сцени, яка гарантовано буде помітна на екрані. Потім застосовується backface culling – відкидання задніх граней. У кожного полігона окрім координат вершин є важлива характеристика – нормаль. Це вектор, який лежить на перпендикулярі, що виходить із геометричного центра трикутника. У кожного полігона є дві сторони – лицьова і зворотна. Нормаль визначає, куди «дивиться» полігон.

При rasterизації 3D-зображення, спроектована на площину перетворюється в растровий формат, тобто визначаються правильні значення результатуючих пікселів.

На етапі обробки пікселів окремим пікселам присвоюються значення кольору, що були отримані інтерполяцією кольорів вершин, або вони замінюються чи до них додається колір текстури. Також тут може діяти піксельний рейдер, який буде визначеним чином комбінувати колір, глибину і позицію пікселя із текстурами або за спеціальними алгоритмами.

Після проходження усіх стадій конвеєра зображення заноситься у буфер кадру, який має два шари (передній і задній). В задньому – новий кадр, в передньому – поточний. Коли приходить час наступного рендеринга, вміст цих шарів міняється місцями (swap). У підсумку на екрані ми бачимо новий кадр, а старий надсилається в задній буфер, де одразу замінюється наступним, щойно прорантованим [3].

При описанні процесу рендеринга в даній статті було пропущено один важливий етап – накладання текстур, що робить віртуальний світ яскравим, атмосферним, вражаючим, а головне – справжнім.

Текстура – це двовимірний бітовий карт (чи просто, картинка), яка накладається на полігон і зображує фактуру його поверхні. Те, що не можна змоделювати полігонами, можна намалювати, причому, якщо на поверхні, яку ми моделюємо текстурою немає сильно виразних чи неоднорідних деталей, вона буде

виглядати реалістично. За аналогією із звичайним зображенням, яке складається із пікселів, текстура складається із текстелів. Текстура накладається строго по координатам. Але при роботі з текстурами виникає немало проблем, тому задача формулюється наступним чином: як визначити колір конкретного пікселя на екрані, якщо в сцені на нього приходиться менше або більше текстелів. На початку тривимірної графіки дану задачу вирішували методом, який називається Point Sampling. Від кожного пікселя на екрані опускається промінь вглиб сцени. Текстел, що знаходиться найближче до цього променя і накладається на екран. При цьому обов'язково виникають помилки. Якщо текстелів на кожен піксел забагато, то частина інформації просто втрачається, якщо ж на піксел приходиться менше одного текстела (коли об'єкт розміщено близько до камери), пробіли заміщуються неіснуючими пікселями.

Такий неякісний метод сучасного користувача не влаштовує, тому існують методи так званої білінійної фільтрації (Bi-linear Filtering). Її суть полягає в тому, що колір пікселя отримується в результаті інтерполяції (усереднення) кольорів чотирьох сусідніх текстелів. Якщо об'єкт розміщено далеко від камери, його текстура майже не спотворюється. А коли об'єкт недалеко від камери і текстелів не вистачає, інтерполяція створює розпливчате зображення цієї області.

Але білінійна фільтрація добре працює лише для полігонів, які паралельні або майже паралельні екрану. Річ у тім, що чотири сусідніх текстели, які беруться для інтерполяції, - це майже коло. Якщо площа нахилиється, коло перетворюється в еліпс, але інтерполюються текстели все ще по колу. Від цього постійно накопичуються невеликі помилки, які після визначеного кута нахилу помилки стають помітними, текстура фільтрується геометрично невірно, а користувач спостерігає сильні спотворення. Для визначення кольору одного пікселя потрібно зчитувати кольори чотирьох текстелів, що збільшує навантаження на шину пам'яті. Тому, білінійну фільтрацію приміняють досить рідко.

Якщо користувач на екрані бачить текстуру набагато далі або набагато ближче, ніж передбачував розробник, то текстура досить сильно спотворюється фільтрацією, що стає помітним через появу «завад» зображення. Ці проблеми можна вирішити за допомогою міп-меппінгу (MIP Mapping). Multum in Parvo (MIP) з латині перекладається як «багато в одному». Її сутність полягає в тому, що для однієї і тієї ж поверхні розробник створює декілька копій текстури із різним ступенем деталізації. Кожна наступна версія текстури більша або менша за попередню в 4 рази. Ця версія текстури називається міп-рівнем, а усі міп-рівні разом складають міп-каскад. Коли камера віддаляється від текстури, вона змінюється на міп-рівень з меншою роздільною здатністю, а коли наближається – з великою. Перевагами даної технології полягають у тому, що незалежно від того, на якій відстані знаходиться спостерігач від об'єкта, текстура відображається без геометричних спотворень. Також, далеко розміщені текстури не забирають багато обчислювальних ресурсів акселератора. Але недоліками є те, що доводиться зберігати кілька копій однієї і тієї ж текстури та переходити між міп-рівнями відбуваються досить різко [3].

Сучасний 3D-конвеєр використовує у своїй роботі технологію шейдерів. Шейдер – це програма одного з етапів графічного конвеєра, що використовується в тривимірній графіці для визначення кінцевих параметрів об'єкта чи зображення. Розрізняють два типи шейдерів – вершинний і піксельний.

Вершинний шейдер оперує даними вершин полігону. До таких даних відносять координати вершини в просторі, текстурні координати, вектор бінормалі, вектор нормалі. Вершинний шейдер може бути використаний для видового чи перспективного перетворення вершин, генерації текстурних координат, розрахунку освітленості.

Більшість графічних акселераторів третього покоління (GeForce256/2, Radeon 7500) містять блок розрахунку трансформації і освітлення (T&L), що виконує фіксовані (задані апаратно) операції: встановлення параметрів рендерингу освітлення, текстур, матричні перетворення.

В специфікації DirectX 8.1 визначено 17 інструкцій для обробки властивостей вершин, а довжина шейдера обмежена 128 інструкціями. Найбільш важливі операції, які можна виконувати апаратними засобами графічного процесора, такі:

- міжкадрова інтерполяція вершин (Key Frame Interpolation), що суттєво прискорює анімацію;
- накладання вершин (Vertex Blending) з використанням більш ніж чотирьох матриць перетворення, що полегшує «скелетну анімацію» складних моделей без їх розбиття на декілька частин;
- процедурна геометрія, тобто викривлення властивостей вершин яким-небудь параметричним об'єктом (наприклад, хвилі на водній поверхні);
- складні моделі освітлення, що враховують властивості матеріалу об'єктів.

Технологія вершинних рейдерів є значним кроком вперед до фотореалістичної графіки. Вершинні рейдери рідко використовуються самостійно, в більшості операцій вони тісно пов'язані з піксельними шейдерами.

Піксельний шейдер працює з пікселями зображення, кожному пікселю поставлений у відповідність деякий набір атрибутів, таких як колір, глибина, текстурні координати. Піксельний шейдер використовується на останньому етапі графічного конвеєра для формування видимих пікселів зображення.

В графічному акселераторі GeForce3 вперше був реалізований механізм програмованого текстурного блока, що здатен оперувати чотирма текстурами за командами піксельного шейдера довжиною до 12 інструкцій. В графічному прискорювачі Radeon 8500 можна використовувати шейдери довжиною до 22 інструкцій та оперувати шістьма текстурами. Загалом, апаратні ресурси, які виділяються для піксельних шейдерів, досить обмежені: два тимчасових, вісім постійних, чотири текстурних і два кольорових регістри. Тобто, програмування з допомогою піксельних шейдерів базується на різних комбінаціях значень текстурних регістрів. Такий підхід є раціональним з точки зору продуктивності графічної підсистеми.

Технологія піксельних шейдерів дозволяє успішно вирішувати проблему змішування декількох текстур, у тому числі карт відображення, тінювих карт (освітлення), об'ємних текстур тощо. Тільки з появою піксельних шейдерів з'явилися текстури, що реалістично імітують воду і хмари.

Одним із найбільш потужних нововведень D3D10 є геометричні шейдери (geometry shader, GS). Їх поява пов'язана із тим, що вершинні шейдери не здатні працювати із даними про зв'язки окремих вершин об'єкта, над яким працюють, тобто про геометричну топологію об'єкта, також вони не можуть втручатися в дані зв'язки, додавати і видаляти вершини. На відміну від них, геометричні шейдери працюють уже із цілими примітивами (точка, лінія або трикутник) і їх зв'язками із сусідніми примітивами, але головним є те, що вони можуть безпосередньо ними керувати, генеруючи на виході нові примітиви в будь-якій кількості або пропускаючи непотрібні, в залежності від вхідних даних і свого алгоритму. Такі широкі можливості в обробці геометричних об'єктів дозволяють перенести на GPU виконання багатьох операцій, які раніше виконувалися частково під керуванням CPU, що знижало швидкість паралельної роботи процесора і відеокарти за рахунок частих блокувань 3D-ресурсів для виконання операцій над ними на CPU. Наприклад, стало можливим повністю перенести на GPU системи

частинок, розрахунок тінювих об'ємів для певних алгоритмів динамічних тіней, реалізувати якісне сумісне перетворення об'єктів (displacement mapping), деякі прогресивні техніки розмитості зображення (motion blur), візуальні ефекти (хутро, волосся, рослинність), однопрохідне створення кубічних карт (cubemap).

Використання шейдерів дозволяє в реальному масштабі часу синтезувати складні візуальні ефекти тривимірних зображень [3, 4].

Тривимірну сцену можна представити як набір окремих груп елементів: групи тривимірних об'єктів, групи джерел освітлення, групи накладання текстурних карт, групи камер, які у результаті взаємодії одна із одною та їх обробки за допомогою спеціальних апаратних та програмних засобів можна організувати у єдиний процес, що систематизує правильну обробку тривимірних об'ємних сцен. Етапи графічного конвеєра, складені у відповідну послідовність операцій, не є жорстко заданими, але загальноприйнятими у сучасних графічних підсистемах.

Л і т е р а т у р а

1. Роджерс Д. Алгоритмические основы машинной графики. Пер. с англ. – М.: Мир. 1989. – 512 с.
2. Палташев Т.Т., Климина С.И., Лях А.С. Технология визуализации в компьютерном синтезе реалистичных изображений // Зарубежная радиоэлектроника. - №3. – 1991. – С. 96-108.
3. Херн Д., Павлин Бейкер М. Компьютерная графика и стандарт OpenGL. – М.:Издательский дом «Вильямс». 2005. – 1168 с.
4. Поляков А.Ю. Методы и алгоритмы компьютерной графики – СПб.: БХВ – Петербург. – 2002. – 416 с.

УДК 504.06: 622.33

Олейник Н.В.

ТЕХНОГЕННЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЖЕЛЕЗА В ДОНБАССЕ

Исследована возможность использования отвальной породы угольных шахт Донбасса в качестве сырья для получения железа. Предложен способ восстановления железа в породе путем добавления органического вещества. В результате процесса гидроморфизма в анаэробных условиях концентрация железа увеличивается, железо переходит в подвижную форму. Рис. 4, Ист. 5.

По объемам добычи железных руд Украина занимает пятое место в мире. На территории Украины находится наибольший в мире Криворожский железорудный бассейн, Кременчугский и Белозерский железорудные районы. Добыча железа как и других минеральных ресурсов ведет к нарушению породного массива, накоплению большого количества отходов горнодобывающего и перерабатывающего комплекса, нарушению гидрогеологического режима территорий, и как следствие всего – развитие опасных геологических процессов, загрязнение атмосферы, почв, подземных и поверхностных вод.

Вследствие использования неусовершенствованных технологий, проведения горных работ на больших площадях (до 700 км²) и глубинах (до 300 м, максимальная глубина достигает 1125 м), накопления на поверхности значительных объемов твердых и жидких отходов (площадь шламонакопителей составляет 71 км² с объемом 1,4 км³ отходов) Криворожский бассейн относят к регионам с критическим состоянием природной среды, потому что экологиче-

ские проблемы накапливаются в течение десятки лет и пока эти проблемы не решены. И в этих условиях какое-либо значительное развитие или приостановка добычи руды путем закрытия горнодобывающего предприятия может привести к чрезвычайной ситуации или катастрофе [1].

Целью данной работы является исследование возможности использования отвальной породы угольных шахт Донбасса в качестве сырья для получения железа.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: изучена отвальная порода на предмет содержания железа; предложен способ извлечения из отвальной породы железа.

Для решения поставленных задач были использованы общепринятые методики. Объектом исследований является порода отвала ш/у «Лугансуголь».

Результаты исследований. Для решения первой задачи исследований при помощи специалистов испытательного центра «Восток ГРГП» определено содержание общего (подвижного) железа в образцах перегоревшей и неперегоревшей породы, согласно результатам определения концентрация железа в перегоревшей породе составляет 73 мг/кг, в неперегоревшей – 1180 мг/кг.

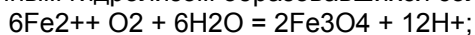
Таким образом, свежие горные породы являются исходным материалом извлечения железа, который изменяется в процессе горения. Процесс горения является следствием разложения в породе пирита в присутствии воды и доступа воздуха, в результате чего образуется большое количество серной кислоты, происходит выщелачивание содержащихся в породе отвалов металлов, в том числе и железа. Перегоревшие породы изменяют цвет и становятся красновато-бурыми за счет мельчайших частиц оксидов железа [2], [3].

Как известно, в древности для получения железа использовали болотную руду. Она представляла собой коричневые окатыши, которые с некоторым трудом поддавались измельчению. Болотная руда выходила относительно тонкими (несколько сантиметров) жилами по обрывистым берегам рек и оврагов. Эти жилы возникали только в тех районах, где рядом с местом выхода находятся болота, подстилаемые красными глинами. При этом в самих болотах болотной руды, как правило, не было [4].

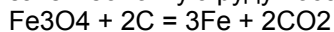
Болотная руда образовалась из гематита Fe_2O_3 восстановлением железа органическим веществом болот, с переводом железа в растворимую форму:



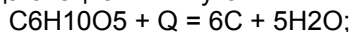
а затем происходила миграция растворенных солей железа к поверхности почвы и окисление железа (II) на поверхности кислородом воздуха с одновременным гидролизом образовавшихся солей:



затем болотную руду восстанавливали древесным углем:



древесный уголь получали, сжигая деревья в условиях недостатка кислорода специальных угольных ямах: $C_6H_{10}O_5 + 6O_2 = 6CO_2 + 5H_2O + Q$,



полученный бесформенный, пропитанный шлаком пористый кусок – крицу затем проковывали, для того чтобы удалить из нее шлак [4].

На основании определенного нами содержания гематита в отвальной породе, предположили, что возможно выделять железо из отвальной породы.

Известен способ проведения почвенного гидроморфизма, который проходит в анаэробных условиях при участии гетеротрофной анаэробной микрофлоры и при наличии органического вещества в условиях постоянного переувлажнения, и сопровождается восстановлением окисных соединений металлов и выносом железа [5].

Известно, что железо подвижно только в восстановительных условиях, при чем в восстановительной среде из минеральной массы извлекается в 300-400 раз больше железа, чем при действии минеральной кислоты.

Процесс гидроморфизма осуществлялся в лабораторных условиях. В стеклянные сосуды засыпали почву, неперегоревшую и перегоревшую породу, подавали органический субстрат, как субстрат использовали раствор глюкозы (концентрацией 20 г/л).

Хорошо перемешивали субстрат и закрывали, создавая восстановительные условия, для изменения окислительно-восстановительного потенциала без газообмена с окружающей средой.

Каждый день в течение 10 дней определялось изменение окислительно-восстановительного потенциала в сосудах с помощью рН-метра типа 'ELWRO' в комплекте с комбинированным электродом. Ниже представлены графики изменения ОВП в неперегоревшей, перегоревшей породе и почве (рис.1).

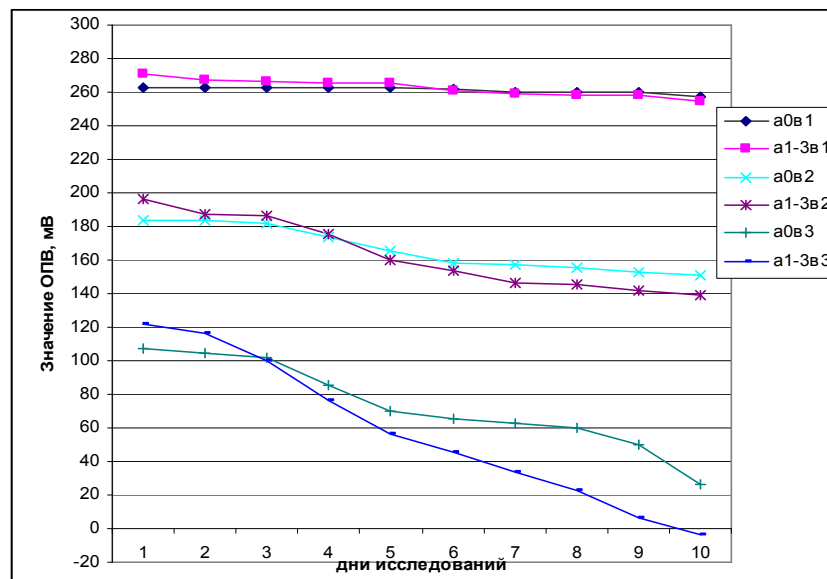


Рис. 1. Графики изменения ОВП в вариантах опыта

На основании рис. 1 можно сделать вывод, что окислительно-восстановительный потенциал уменьшается во всех случаях, но не достаточно быстро. Согласно методике [5] важным фактором, влияющим на изменение ОВП является температура, значит при увеличении температуры процесс изменения ОВП идет интенсивнее.

В течение 21 дня исследований определялось содержание закисного, окисного и общего железа фотометрическим методом в контрольных сосудах без добавления органического вещества и в сосудах с добавлением органического вещества. На рис. 2 представлена динамика изменения концентрации закисного, общего и окисного железа в контрольных сосудах без добавления органического вещества.

На рис. 3 и 4 представлена динамика изменения концентрации закисного, окисного и общего железа в различных вариантах опыта с добавлением органического вещества.

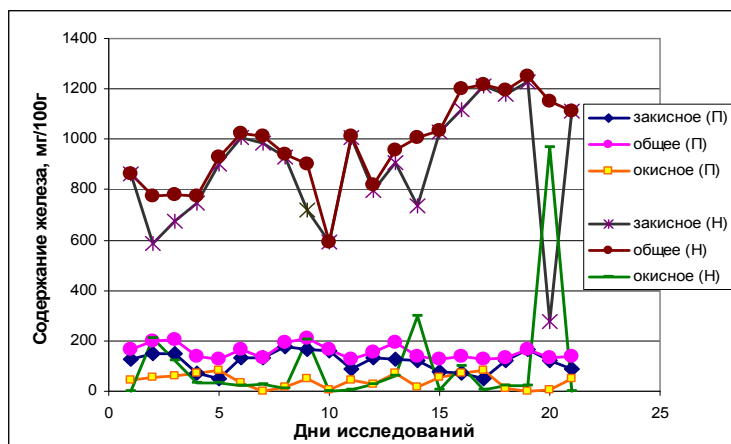


Рис. 2. Динамика изменения концентрации железа в контрольных сосудах

На основании рис. 2 можно сделать вывод, что содержание железа в контрольных образцах в течение 21 дня исследований значительно не изменилось.

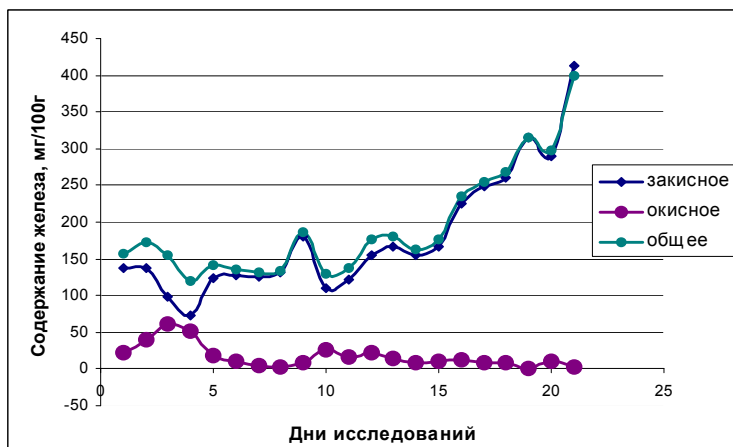


Рис.3. Динамика изменения концентрации железа в сосудах с перегоревшей породой

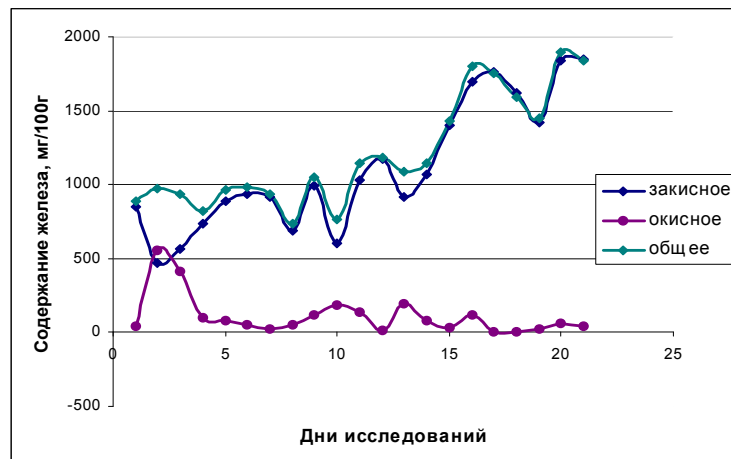


Рис. 4. Динамика изменения концентрации железа в сосудах с неперегоревшей породой

На основании рис. 3 и рис. 4 можно сказать, что содержание закисного увеличивается, а окисного железа – уменьшается, то есть идет процесс гидроморфизма, что ведет к восстановлению железа. В анаэробных условиях железо переходит в растворимую форму и вымывается.

Вывод. Добавление к измельченной отвальной породе в анаэробных условиях органического субстрата в виде раствора глюкозы с концентрацией 20 г/л приводит к процессу гидроморфизма, выражающемуся в уменьшении окисного и увеличению закисного железа. Это свидетельствует о возможности получения железа из отвальной породы угольных шахт путем восстановления его в анаэробных условиях.

Л и т е р а т у р а

1. Ресурси геологічного середовища і екологічна безпека безпека техноприродних геосистем: Монографія / за ред. Г.І. Рудька. – К.: ЗАТ «НІЧЛАВА», 2006. – 480 с.
2. Проскурня Ю.А. Мінералогія відвалів вугільних шахт Донбасу (на прикладі Донецько-Макіївського промислового району): Автореф. дис... канд. геолог. наук: 04.00.20 / Крив. техн. ун-тет.- Кривий Ріг, 2000.- 19 с.
3. Зборщик М.П., Осокин В.В. Предотвращение экологически вредных проявлений в породах угольных месторождений. – Донецк: ДонГТУ, 1996. – 178 с.
4. Б.В. Граков. Ранний железный век. – М., 1972.
5. Ю. Дронь. Грунтовий гідроморфізм та його оцінка. – Чернівці, Книги – XXI, 2004. – 102 с.

Петров А. В.

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ХРАНИЛИЩ ДАННЫХ

В данной статье проанализированы существующие подходы к оптимизации хранилищ данных. Поставлена задача оптимизации распределенного хранилища данных. Предложен новый подход к оптимизации распределенных хранилищ данных основанный на совместном использовании генетических алгоритмов и объектной модели распределенного хранилища данных. Представлен способ кодирования структуры РХД с помощью сдвоенных мультихромосом, описаны генетические операторы. Разработана схема алгоритма оптимизации размещения данных в РХД.

Характеристика проблемы

В современных информационных системах широкое применение получили технологии распределенных хранилищ данных (РХД), использующиеся для хранения и обеспечения быстрого доступа к данным. Наибольшее распространение РХД получили в информационных системах банков, правоохранительных органов, межрегиональных и международных организаций.

При проектировании и создании РХД одной из главных задач является обеспечение наиболее высокой скорости получения данных пользователями. Это особенно важно ввиду распределенности хранилища данных, так как передача больших объемов данных по сети может значительно увеличить длительность выполнения запросов и время реакции системы.

Краткий анализ проведенных исследований по оптимизации РХД

В настоящее время используется несколько подходов к оптимизации хранилищ данных: жадные алгоритмы, муравьиные алгоритмы, метод кадрирования хранилища данных, оптимизация с помощью AsmL [1-7].

Данные методы имеют следующие недостатки: жадные алгоритмы [1, 2] не гарантируют нахождения глобального оптимума и не применимы к РХД. Недостатками подхода с использованием муравьиных алгоритмов [3, 4] являются высокая трудоемкость анализа полученных результатов, сильная зависимость от настроечных параметров, подбираемых исходя из экспериментов. Данный подход гарантирует сходимость метода, однако время сходимости может быть сколь угодно велико. Также при оптимизации не учитывается распределенность хранилища данных. Метод кадрирования хранилища данных DWS (Data Warehouse Striping) [5, 6] применим только для РХД с высокоскоростными соединениями между узлами. Для эффективной реализации данного метода необходимы соединения по скорости сравнимые с соединениями в локальных вычислительных сетях. Подход к оптимизации РХД с помощью языка моделирования AsmL [7] не учитывает скорость получения пользователями ответов на запросы, что является главным показателем эффективности хранилища данных.

Таким образом, проведенный анализ показал, что несмотря на существование нескольких подходов к оптимизации хранилищ данных, задача оптимизации РХД не имеет окончательного решения, что обуславливает необходимость проведения данного исследования.

Постановка задачи оптимизации РХД

Распределенные хранилища данных создаются для обеспечения аналитикам быстрого доступа к распределенным данным. Поэтому оптимальным мы будем считать такое РХД, в котором среднее время выполнения пользовательских запросов на выборку было бы минимальным.

В качестве критерия эффективности РХД автором было предложено среднее время выполнения пользовательских запросов на выборку данных [8]. В ходе выполнения запроса часть данных может быть получена из материализованных представлений, часть данных может быть выбрана непосредственно из таблиц фактов. В случае, если данные выбираются из удаленных от источника узлов хранилища данных, потребуется передача результатов запроса по сети. Таким образом, время выполнения одного запроса складывается из временных затрат на выборку данных из таблицы фактов, из материализованных представлений и временных затрат на передачу данных.

Пусть задано не пустое множество фрагментов таблицы фактов F , множество материализованных представлений M и множество узлов хранилища данных P . Для заданной структуры компьютерной сети, связывающей узлы РХД и характеристик аппаратного обеспечения, необходимо найти такое размещение фрагментов таблицы фактов и материализованных представлений по узлам РХД, при котором среднее время выполнения запросов пользователей было бы минимальным.

Среднее время выполнения запросов пользователей в распределенном хранилище данных рассчитывается как сумма произведений времен выполнения запросов и частот возникновения запросов деленная на количество запросов:

$$\min \bar{T}_Q = \frac{\sum_{i=1}^{QC} \left(\sum_{j=1}^{MC_i} T_{S_j} + \sum_{k=1}^{FC_i} T_{S_k} + \sum_{l=1}^{TC_i} T_{Rl} \right) P_{Q_i}}{QC}, \quad (1)$$

где \bar{T}_Q – среднее время выполнения запросов пользователей, QC – количество пользовательских запросов на выборку, MC_i – количество обращений к материализованным представлениям для выполнения i -го запроса, FC_i – количество обращений к фрагментам таблицы фактов для выполнения i -го запроса, TC_i – количество передач данных по сети для выполнения i -го запроса, T_{S_j} – время выборки данных из материализованного представления, T_{S_k} – время выборки данных из таблицы фактов, T_{Rl} – время передачи данных к источнику запроса, P_{Q_i} – частота возникновения запроса.

Данный критерий учитывает такие важные особенности распределенного хранилища данных как репликация данных на различных узлах РХД и материализацию результатов запросов в виде представлений. Чем больше возможных запросов будет представлено материализованными представлениями, тем меньше будет обращений непосредственно к таблицам фактов, что сократит среднее время выполнения запросов. Это обусловлено тем, что время выборки данных из материализованных представлений существенно меньше времени выборки данных из таблицы фактов. Наилучшим было бы такое решение, при котором вообще не происходило бы обращений к таблице фактов, однако это потребовало бы больших затрат на хранение большого количества материализованных представлений. Однако, такое решение не является приемлемым, так как в этом случае на многих узлах хранилища данных придется размещать большие объемы редко используемых данных, что повлечет за собой излишние затраты на хранение данных и переполнение устройств хранения данных.

Ограничения в данной задаче должны учитывать возможности РХД по размещению и обновлению данных на множестве узлов компьютерной системы. К ним относятся следующие ограничения: на время синхронизации данных, на объем размещаемых данных на узлах хранилища данных и на размещение, хотя бы одного экземпляра таблицы фактов в РХД. Рассмотрим подробнее эти ограничения.

Ограничение на среднее время обновления данных. При наличии большого количества материализованных представлений и репликаций данных процессы обновления могут на длительные промежутки времени занимать каналы связи и серверы, что в свою очередь приведет к задержкам выполнения пользовательских запросов к хранилищу. Поэтому необходимо ограничить дублирование данных и создание материализованных представлений, таким образом, чтобы среднее время обновления не превышало предельно допустимой величины.

Среднее время обновления данных должно быть меньше либо равно заложенному при проектировании РХД граничному значению времени обновления:

$$\overline{T_U} = \sum_{i=1}^{FC} T_{U_i} / FC \leq T_{UL}, \quad (2)$$

где $\overline{T_U}$ – среднее время обновления данных, T_{U_i} – время обновления при добавлении одной записи в i -й фрагмент данных, FC – общее количество фрагментов таблицы фактов, T_{UL} – предельное значение среднего времени обновления.

Время обновления при добавлении/модификации одной записи во фрагмент таблицы фактов выражается в виде максимальной величины из двух значений. Первое значение представляет собой максимальную величину из всех сумм времен передачи по каналам связи и времен добавления данных в фрагмент. Второе значение представляет собой максимальную величину из всех сумм времен передачи по каналам связи и времен обновления материализованных представлений.

$$T_{U_i} = \text{MAX}(\text{MAX}(T_{TR_i} + T_{A_i}), \text{MAX}(T_{TR_j} + T_{R_j})) \quad i \in \overline{1, m}, j \in \overline{1, k} \quad (3)$$

где T_{TR_i} – время передачи данных по сети от узла, содержащего i -й фрагмент таблицы фактов, к узлу, содержащему его j -ю копию или к узлу содержащему j -е материализованное представление, T_{U_i} – время добавления/модификации одной записи в j -й фрагмент таблицы фактов, T_{R_j} – время обновления j -го материализованного представления, m – количество требующих обновления фрагментов таблицы фактов, k – количество требующих обновления материализованных представлений.

Ограничение на объемы размещаемых данных. В ходе оптимизации может возникнуть необходимость разместить на одном из узлов РХД дополнительные данные. Однако свободного места на жестких дисках данного узла хранилища данных может быть недостаточно для размещения необходимого объема информации. В этом случае следует либо отказаться от размещения на данном узле дополнительной информации, либо увеличить емкость запоминающих устройств. Это ограничение выражается следующим образом:

$$\sum_{i=1}^{DC} S_{ik} < \sum_{j=1}^{HC} D_{jk} \forall k, \quad (4)$$

где S_{ik} – размер i -го фрагмента данных (фрагментов таблиц фактов или материализованных представлений) на k -м узле РХД, D_{jk} – размер j -го устройства хранения данных на k -м узле РХД, DC – количество фрагментов данных на k -м узле РХД, HC – количество устройств хранения данных на k -м узле РХД, k – номер узла РХД.

Ограничение на размещение хотя бы одного экземпляра таблицы фактов. РХД должно содержать хотя бы один экземпляр таблицы фактов. Если это условие не будет выполняться, то хранилище данных будет неполным. Каждый фрагмент таблицы фактов должен содержаться в РХД хотя бы один раз. Данное ограничение представляется в следующем виде:

$$\sum_{i=1}^C F_{ij} \geq 1, j \in \overline{1, FC}, \quad (5)$$

где F_{ij} – признак наличия в j -м узле хранилища i -го фрагмента (0 или 1), C – количество узлов в хранилище, FC – количество фрагментов таблицы фактов.

Предлагаемый подход к оптимизации РХД

Большая вычислительная сложность и трудоемкость задачи оптимизации РХД не позволяет использовать для её решения классические методы оптимизации. Поэтому в качестве нового подхода к оптимизации РХД предложено использовать генетические алгоритмы (ГА) совместно с объектной моделью РХД. Разработанная объектная модель РХД описывает его важнейшие характеристики и позволяет с приемлемой достоверностью проводить моделирование его работы [9].

Ранее автором был предложен новый подход к оптимизации РХД [8]. Сущность подхода состоит в следующем: структура и параметры распределенного хранилища данных кодируются в виде хромосомы. В хромосоме содержится информация о размещении материализованных представлений и фрагментов таблицы фактов на узлах РХД. С помощью объектной модели РХД производится вычисление значения критерия эффективности (1) для каждой из хромосом, который представляет собой значение фитнес-функции ГА. Генетический алгоритм на основе полученного значения фитнес-функции формирует новую хромосому. Схема взаимодействия объектной модели РХД с генетическим алгоритмом представлена на рис. 1.

Краткое описание объектной модели РХД

Учитывая сложность и динамический характер работы РХД, невозможность его описания с помощью аналитических методов, для построения его модели использован объектно-ориентированный подход [9], который состоит в следующем. В распределенном хранилище данных выделены две группы компонентов: компоненты логической архитектуры и компоненты физической архитектуры.

К компонентам логической архитектуры относятся все компоненты хранилища данных связанные с данными, и не связанные с технической стороной функционирования хранилища.

В качестве компонентов логической архитектуры были выделены следующие компоненты: измерение, фрагмент таблицы фактов и фрагменты таблицы измерений, материализованное представление, запрос на вставку, запрос на выборку, запрос на обновление, узел хранилища данных, приложение, пользователь.

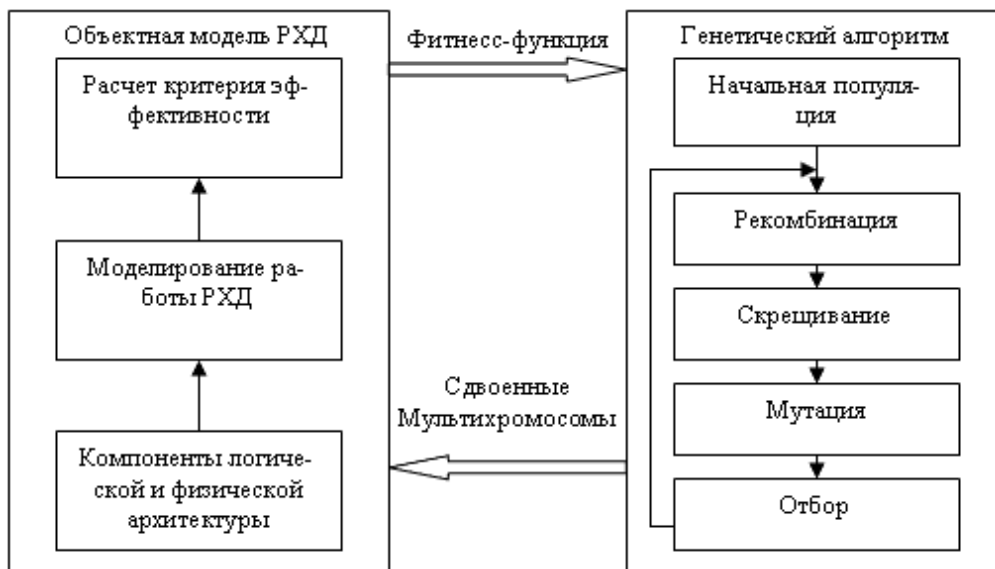


Рис. 1. Схема взаимодействия объектной модели РХД с ГА

К компонентам физической архитектуры относятся те компоненты РХД, которые отвечают за техническую сторону функционирования РХД. В данной модели к типовым компонентам физической архитектуры относятся сервер и канал связи.

Объектные модели компонентов логической и физической архитектуры РХД были разработаны в виде классов. Общая объектная модель была построена как система взаимодействующих объектных моделей компонентов РХД [9]. Схема взаимодействия объектных моделей компонентов РХД приведена на рис. 2.

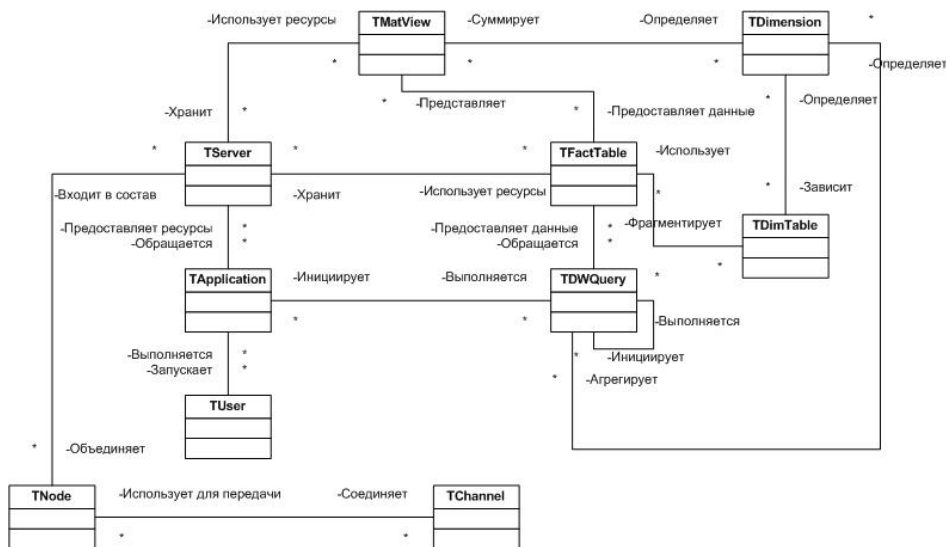


Рис. 2. Схема взаимодействия объектных моделей типовых компонентов РХД

Описание модифицированного генетического алгоритма

В связи с тем, что стандартный генетический алгоритм не учитывает специфику РХД, для решения задачи оптимизации РХД была разработана новая модификация генетического алгоритма.

Кодирование размещения данных в РХД с помощью хромосом

Для кодирования информации о структуре РХД при решении данной задачи предложены новые сдвоенные мультихромосомы. Структура РХД представляется двумя мультихромосомами.

Первая мультихромосома описывает размещение фрагментов таблицы фактов на узлах РХД. Вторая мультихромосома описывает размещение материализованных представлений на узлах РХД. Назовем первую и вторую мультихромосомы соответственно мультихромосомой фрагментов и мультихромосомой представлений.

Графически представление структуры РХД с помощью сдвоенных мультихромосом показано на рис. 3.

		Сдвоенные мультихромосомы												
		Мультихромосома фрагментов				Мультихромосома представлений								
Узлы РХД		1	2	...	...	FC-1	FC	1	2	...	...	MC-1	MC	
	1	0	1	...	...	1	1	1	0	1	...	...	0	1
	2	1	1	...	...	0	0	2	0	0	...	...	1	1
	3	1	0	...	...	0	1	3	1	1	...	...	0	0

	PC-1	0	1	...	...	0	0	PC-1	1	1	...	...	0	1
	PC	1	0	...	...	0	1	PC	1	0	...	...	0	0

Рис. 3. Представление структуры РХД в виде сдвоенных мультихромосом

В РХД с количеством узлов равным PC, количеством фрагментов таблицы фактов равным FC и количеством материализованных представлений равным MC мультихромосома фрагментов представляет собой совокупность из PC хромосом, каждая из которых имеет размерность FC, а мультихромосома представлений – совокупность из PC хромосом, каждая из которых имеет размерность MC. Единица в j-й позиции i-й хромосомы означает, что j-ое материализованное представление или фрагмент таблицы фактов присутствует на i-м узле РХД. Таким образом, каждая особь генетического алгоритма представляет собой сдвоенные мультихромосомы – комбинацию мультихромосомы фрагментов и мультихромосомы представлений. При этом строки мультихромосомы фрагментов и представлений с одинаковыми номерами соответствуют одним и тем же узлам РХД. Ниже приведено описание операторов модифицированного генетического алгоритма для оптимизации РХД.

Оператор отбора

Данный оператор реализует выбор родительских особей для скрещивания. В качестве оператора отбора выбран метод рулетки. Вероятность выбора в качестве родителя особи пропорциональна значению её фитнес-функции. Чем выше значение фитнес-функции, тем выше вероятность отбора данной особи в качестве родителя. К примеру, особь A имеет вероятность отбора, определяемую соотношением:

$$P(A) = \frac{F(A)}{\sum F_i} \quad (6)$$

где $P(A)$ – вероятность отбора особи A, $F(A)$ – значение фитнес-функции для решения A, $\sum F_i$ – сумма значений фитнес-функции всех особей популяции.

Для выбора особи в качестве родителя на колесе рулетки для каждой из особей популяции отводится сектор, с площадью пропорциональной вероятности выбора данной особи. После этого моделируется вращения рулетки и выбирается особь.

Оператор рекомбинации

Данный оператор реализует обмен соответствующими хромосомами между парами особей с заданной вероятностью $P_{рек}$. Выбор родительских особей для рекомбинации осуществляется с помощью оператора отбора. В каждой из родительских особей выбираются пары соответствующих хромосом между собой. Выбранные хромосомы с вероятностью $P_{рек}$ меняются местами. Данная операция повторяется до тех пор пока все пары соответствующих хромосом в мультихромосомах фрагментов и представлений не примут участие в обмене. В результате обмена хромосом, две родительские особи порождают две дочерние особи. Рекомбинация родительских мультихромосом выполняется до тех пор, пока количество потомков не станет равным количеству родителей. Схема выполнения данного оператора представлена на рис.4.

Оператор скрещивания.

Оператор скрещивания для модифицированного ГА должен реализовывать перемещение фрагментов таблицы фактов и материализованных представлений между узлами РХД.

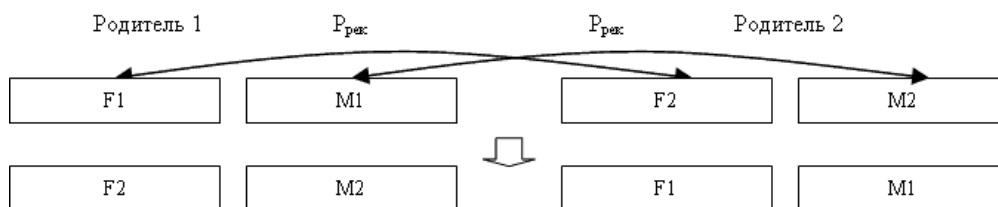


Рис. 4. Схема выполнения оператора рекомбинации для пары мультихромосом

Предлагается использовать двухточечное скрещивание для каждой пары соответствующих хромосом в каждом из родителей. При этом считается, что хромосомы циклически замкнуты, то есть две точки скрещивания разбивают хромосому на две части. Обмен производится с некоторой заданной вероятностью $P_{скр}$. Схема выполнения двухточечного скрещивания двух хромосом представлена на рис. 5.

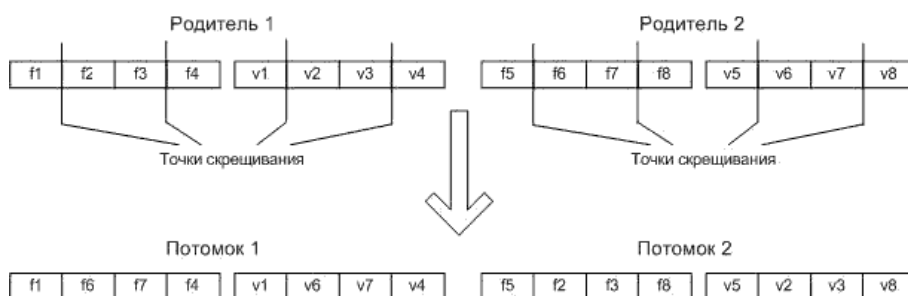


Рис. 5. Выполнение двухточечного скрещивания для двух хромосом

Выбор родительских особей для скрещивания осуществляется с помощью оператора отбора. В результате скрещивания всех соответствующих хромосом две родительские особи порождают две дочерние особи. Скрещивание родительских особей выполняется до тех пор, пока количество потомков не станет равным количеству родителей, то есть размер популяции удвоится.

Оператор мутации

Ко всем членам промежуточной популяции, сформированной с помощью операторов скрещивания и рекомбинации применяется оператор мутации. Оператор мутации с вероятностью $P_{\text{мут}}$ инвертирует гены в каждой хромосоме, каждой особи.

Алгоритм оптимизации размещения данных в РХД

Для программной реализации описанного выше генетического алгоритма разработана блок-схема укрупненного алгоритма оптимизации, приведенная на рис. 6.

В начале работы алгоритма происходит получение исходной информации: S – размер популяции, GC – количество поколений, PC – количество узлов РХД, FC – количество фрагментов таблиц фактов, MC – количество материализованных представлений, $P_{\text{мут}}$ – вероятности мутации, $P_{\text{рек}}$ – рекомбинации и $P_{\text{скр}}$ – скрещивания.

Затем происходит формирование начальной популяции. При этом формируется S особей, каждая из которых представляет собой сдвоенные мультихромосомы. Формируемые особи проверяются на попадание в область допустимых решений и вычисляются их фитнесс-функции.

В основном цикле ГА последовательно выполняются операторы рекомбинации, скрещивания и мутации.

При выполнении оператора рекомбинации с помощью оператора отбора выбираются две родительские особи. Пары соответствующих хромосом в каждой из родительских особей переставляются с вероятностью $P_{\text{рек}}$. Полученные особи проверяются на попадание в область допустимых решений и включаются в промежуточную популяцию. После выполнения оператора рекомбинации этого из популяции исключаются особи с низким значением фитнесс-функции.

При выполнении оператора скрещивания из промежуточной популяции с выбираются родительские особи, и выполняется их скрещивание. Отдельно происходит двухточечное скрещивание соответствующих хромосом в мультихромосомах фрагментов и представлений. В результате работы оператора скрещивания формируются две особи-потомка. Эти особи проверяются на попадание в область допустимых решений и включаются в промежуточную популяцию. После выполнения оператора скрещивания повторяется исключение из популяции незначимых особей.

К каждой особи из полученной популяции применяется оператор мутации при котором гены каждой особи инвертируются с вероятностью $P_{\text{мут}}$. После выполнения оператора мутации проводится отбрасывание незначимых особей и формируется новая популяция. Основной цикл повторяется GC раз, после чего решение, представляемое особью с наивысшим значением фитнесс-функции принимается в качестве субоптимального решения и процесс оптимизации завершается.

Программная реализация модифицированного ГА для оптимизации РХД выполнена в среде визуального программирования Borland C++ Builder 6.0.

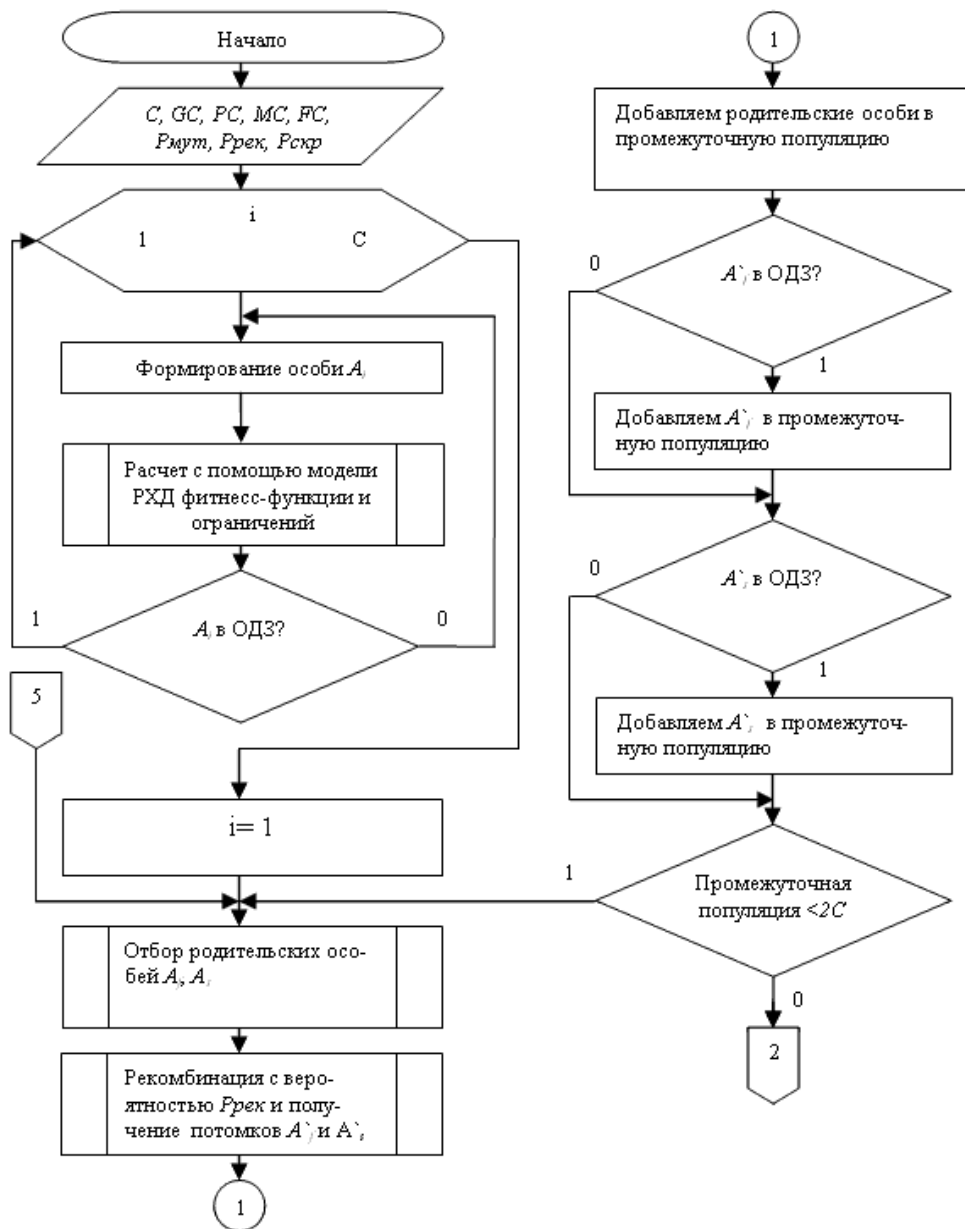
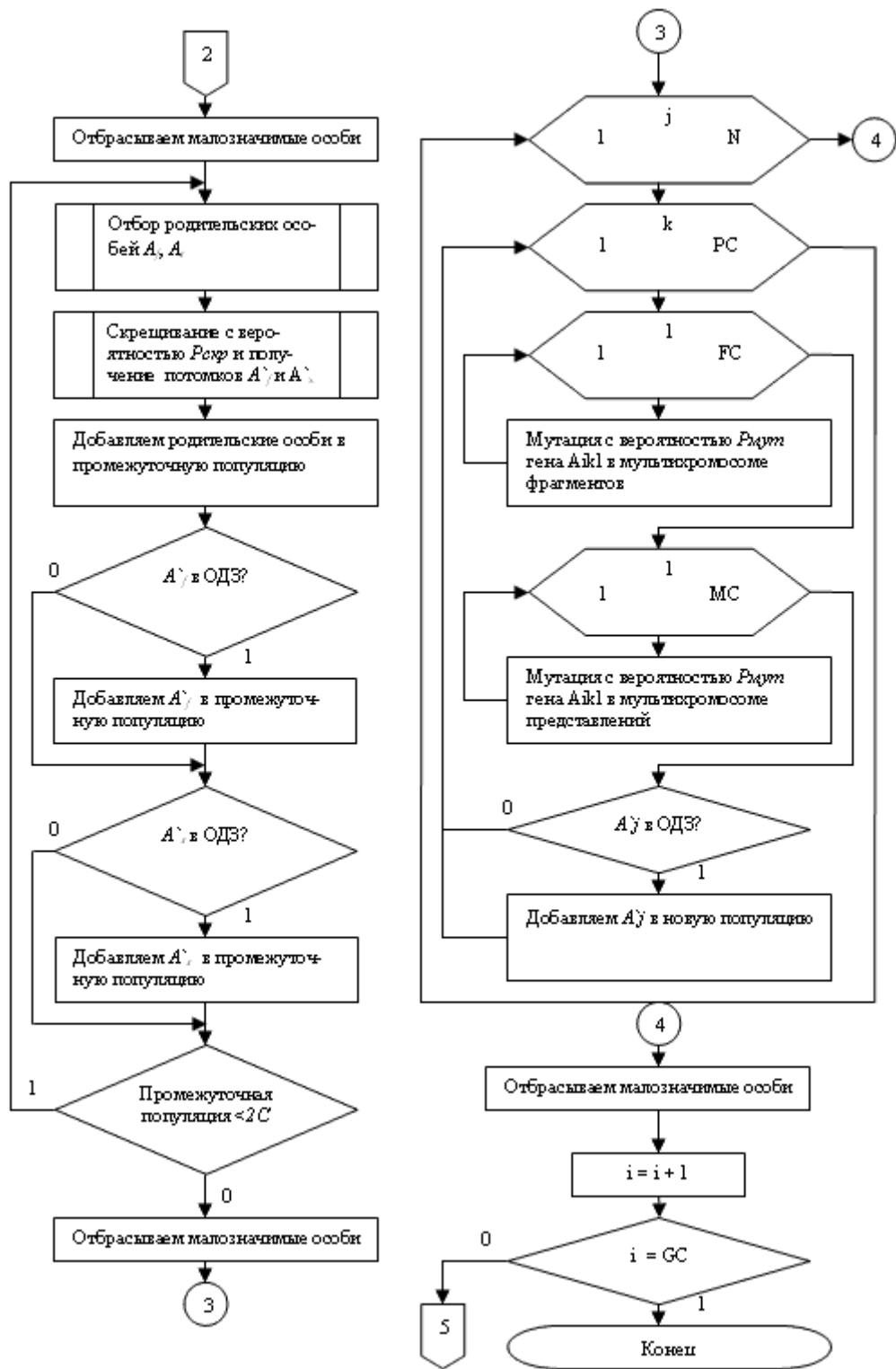


Рис. 6. Блок-схема алгоритма оптимизации РХД



Продолжение рис. 6

Заклучение

В данной статье поставлена задача оптимизации РХД. В качестве критерия оптимальности РХД выбрано минимальное среднее время выполнения пользовательских запросов. Представлен новый подход к оптимизации РХД на основе совместного использования генетических алгоритмов и объектной модели РХД.

Разработана структура сдвоенных мультихромосом для модифицированного генетического алгоритма, состоящая из перечисления узлов хранилища данных, с указанием находящихся в узле фрагментов таблиц и материализованных представлений. Для модифицированного генетического алгоритма разработаны операторы рекомбинации, скрещивания, мутации и отбора, а также приведено описание работы модифицированного генетического алгоритма.

Разработанный модифицированный генетический алгоритм позволяет получить субоптимальное решение задачи оптимизации распределенного хранилища данных за приемлемое время и может быть использован как при проектировании новых РХД так и для модернизации действующих хранилищ данных.

Л и т е р а т у р а

1. Harinarayan V, Rajaraman A, Ullman J. D. Implementing Data Cube Efficiently.// ACM SIGMOD international conference on Management of data, 1996, Page(s) 118 – 127;
2. Ezeife C.I. Accommodating dimension hierarchies in a data warehouse.// Proceedings of the sixth international conference on Systems development methods for the next century : information systems development: methods and tools, theory and practice: information systems development: methods and tools, theory and practice. 1997;
3. Maniezzo V, Carbonaro A, Golfarelli M, Rizzi S. ANTS for Data Warehouse Logical Design.// 4th-Metaheuristics-International-Conference, Porto, pp. 249-254, 2001;
4. Штовба С. Д. Муравьиные алгоритмы.// Exponenta Pro. Математика в приложениях, №4, 2003;
5. Costa M., Madeira H. Handling big dimensions in distributed data warehouses using the DWS technique.// Proceedings of the 7th ACM international workshop on Data warehousing and OLAP, 2004;
6. Bernardino J, Madeira H. Data Warehousing and OLAP: Improving Query Performance Using Distributed Computing.
7. Shewe K. D, Zhao J. Balancing Redundancy and Query Costs in Distributed Data Warehouses.// Proceedings of the 2nd Asia-Pacific conference on Conceptual modelling - Volume 43 APCCM '05. 2005;
8. Лаздынь С. В, Петров А. В. Оптимизация распределенных хранилищ данных с использованием генетических алгоритмов и объектного моделирования. // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: "Обчислювальна техніка та автоматизація". Випуск 121 / Редкол.: Башков Є. О. (голова) та ін. – Донецьк: ДонНТУ, 2007. – с.72-82;
9. Лаздынь С. В, Петров А. В. Разработка объектной модели распределенного хранилища данных.// Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: "Обчислювальна техніка та автоматизація". Випуск 107 / Редкол.: Башков Є. О. (голова) та ін. – Донецьк: ДонНТУ, 2006. – с.122-128.

Сквирский В.Д.

РАЗВИТИЕ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА РАЗРУШЕНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА КАК ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ОГРАНИЧЕННЫМИ РЕСУРСАМИ

В статье представлены результаты развития предложенной ранее модели процесса разрушения режущих пластин при точении на станках как объекта управления. Учен распределенный характер нагрузки на режущую кромку. Модель представлена как динамическая система, функционирующая при переменных внешних условиях обработки..

Создание достаточно полной модели любого процесса является основой эффективного решения задач оценки текущего состояния, прогнозирования дальнейшего поведения объекта во времени и управления этим объектом.

В работе [1] предложена модель в виде системы рекуррентных уравнений, описывающая процесс разрушения режущих пластин при металлообработке на тяжелых станках с учетом ограничения на ресурс. В качестве ресурса, определяющего динамику, выбран внутренний параметр состояния объекта – параметр повреждаемости пластины в "опасном" сечении, меняющийся в процессе функционирования объекта:

$$\left\{ \begin{array}{l} T_n^T(\tau) = T_0 \exp\left(\frac{B_n - Ct^{a_p} s^{b_p} v^{c_p} \sigma_B^{d_p} [1 - r(\tau)]^{-1}}{D_n t^{a_\theta} s^{b_\theta} v^{c_\theta} \sigma_B^{d_\theta} + 1}\right); \\ r(\tau) = \int_0^\tau \frac{1}{T_n^T(\tau)} d\tau, \end{array} \right. \quad (1)$$

где: $B_n = \frac{u_0}{273 k_B}$, $C = \frac{\gamma e_n K_p}{273 k_B \xi_p S_{p0}}$, $D_n = \frac{K_\theta}{273}$, T_0 , a_p , b_p , c_p ,

d_p , a_θ , b_θ , c_θ , d_θ - константы для конкретных условий обработки;

t, s, v, σ_B - текущие параметры процесса резания; T_n^T - текущее значение долговечности пластины; Γ - параметр повреждаемости пластины.

Модель процесса получена с рядом упрощений для постоянных во времени режимов обработки. Поэтому применение такой модели при формировании критериев оптимальности процесса и управлении обработкой на тяжелых станках ограничено в связи с широкими вариациями текущих параметров процесса резания, в частности, глубины резания [2].

Целью работы является совершенствование модели процесса разрушения путем учета изменений режимов резания при обработке и распределенного характера нагрузки, действующей на режущую кромку пластины.

Анализ экспериментальных зависимостей роста длины трещины $l_{тр}$ в относительных единицах для неизменных во времени условий нагружения показал практически одинаковый их вид для любого образца (рис. 1) (на графике L - ширина образца) [3]. Из рисунка следует, что значительную часть времени T_n

зависимость $l_{тр} = l_{тр}(\tau)$ близка к линейной (участок $a - a'$), то есть скорость разрушения на этом участке $\Xi(\tau) \approx \Xi(0) = \Xi_0$.

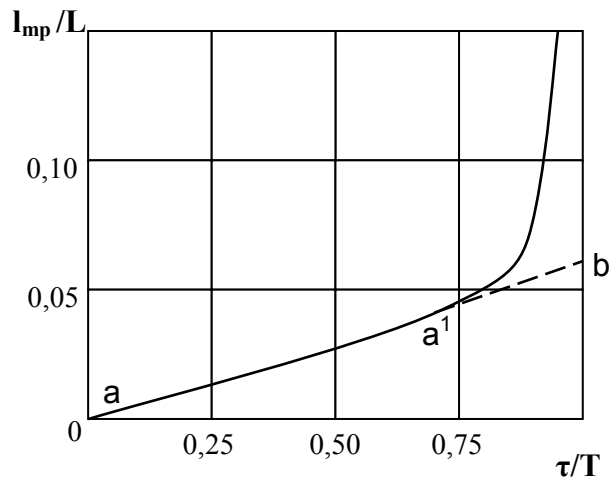


Рис.1. Относительный рост длины трещины где λ - длина отрезка bc в относительных единицах

В начальный момент времени из [1] для $r(\tau) = r(0) = 0$

$$\Xi_0 = \frac{1}{T_{n0}^T}, \quad (2)$$

где $T_{n0}^T = T_n^T(0)$.

С другой стороны в треугольнике abc наклон стороны ab , аппроксимирующей близкий к линейному участку кривой, определяется скоростью разрушения

$$\Xi_0 = \frac{\lambda}{T_n}, \quad (3)$$

Из совместного решения уравнений (2) и (3) получим приближенную зависимость

$$T_n \approx \lambda T_{n0}^T. \quad (4)$$

Выражение (4) при $\lambda = \text{const}$ справедливо независимо от положения начальной точки отсчета времени на линейном участке кривой и определяет время, оставшееся до полного разрушения.

Используя полученные результаты, построим модель процесса разрушения применительно к условиям, когда

$$t = t(\tau); s = s(\tau); v = v(\tau); \sigma_b = \sigma_b(\tau),$$

где: t - глубина резания; S - подача; V - скорость резания; σ_b - свойства материала.

Эта модель, в отличие от (1), должна учитывать влияние изменения входных параметров на размеры и положение "опасного" сечения в теле пластины.

Анализ размеров и расположения на державке твердосплавных режущих пластин, применяемых при черновой обработке на тяжелых токарных станках, приводит к выводу, что изменения глубины и скорости резания не должны оказывать ощутимого действия на положение "опасного" сечения. Наибольшее влияние на отношение P_{XY}/P_Z (здесь $P_{XY} = \sqrt{P_X^2 + P_Y^2}$, P_X, P_Y, P_Z - составляющие силы резания), определяющее положение этого сечения [4], оказывают изменения параметров S и σ_b . Учет это влияние приведенным в [1] коэффициентом в виде

$$\zeta_p = K_\xi s^{b_\xi} \sigma^{d_\xi}, \quad (5)$$

где K_ξ, b_ξ, d_ξ - постоянные коэффициенты.

При обработке с постоянной глубиной резания между шириной среза $b = t/\sin \varphi$ (φ - главный угол в плане режущего инструмента) и математическим ожиданием распределенной по нормальному закону длины излома $M(l_n)$ существует связь, которая может быть представлена следующей зависимостью

$$M[l_n(t)] = K_1 t^{a_1}, \quad (6)$$

где $K_1 = A_1/(\sin \varphi)^{a_1}$; A_1 и a_1 - коэффициенты аппроксимации.

Если площадь неповрежденного сечения пластины [1] определять произведением ее внешних линейных размеров $S_{p0} = l_p h_p$, то, принимая $l_p(t) = M[l_n(t)]$ и $h_p = h_n$ (здесь h_n - высота излома), с учетом (6) можно записать:

$$S_{p0}(t) = K_1 t^{a_1} h_n \quad (7)$$

Очевидно, что изменение длины "опасного" сечения вызывает неравномерное по длине режущей пластины распределение накопленных повреждений, определяющих величину параметра повреждаемости.

Представим длину рабочей части пластины L_n в виде N_1 равных интервалов Δl_j ($j = 1, 2, \dots, m, \dots, N_1$). Тогда, считая, что количество разрываемых связей ξ_i^0 за интервал $\Delta \tau_i$ равномерно распределено по длине l_{pi} , параметр повреждаемости в момент времени τ_q

$$r_q = \sum_{i=1}^{q-1} \sum_{j=1}^{m_q} \xi_{ij}^0, \quad (8)$$

где ξ_{ij}^0 - количество разрываемых межатомных связей за i -тый интервал времени на j -том интервале длины; $m_q = l_{pq} / \Delta l$ - количество участков длины, воспринимающих нагрузку в период времени $\Delta \tau_q$.

Положим $m_i = l_{pi} / \Delta l$, тогда

$$\xi_{ij}^0 = \begin{cases} \frac{\Delta \tau}{\Gamma_{ni}^T m_i}, & \text{при } j \leq m_i; \\ 0, & \text{при } j > m_i \end{cases} \quad (9)$$

Осуществляя переход в (6) от математического ожидания к его статистической оценке, с учетом (7) и (8) получим выражение для площади "опасного" сечения

$$S_{pq} = K_S t^{a_1} \left(1 - \sum_{i=1}^{q-1} \sum_{j=1}^{m_q} \xi_{ij}^0 \right), \quad (10)$$

где $K_S = K_1 h_n$.

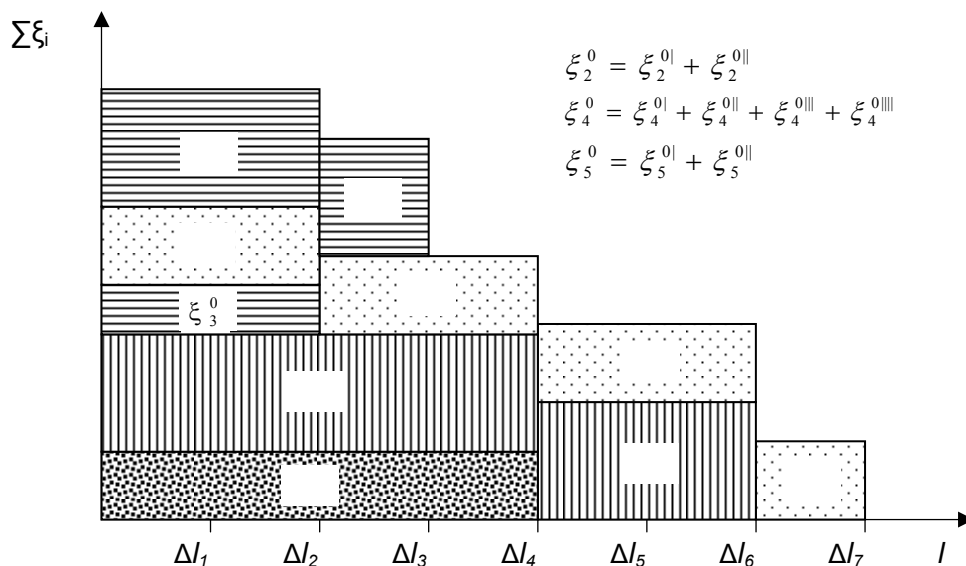


Рис. 2. Распределение разорванных межатомных связей по длине пластины

Для наглядности на рисунке 2 показано распределение по длине пластины за время $5\Delta \tau$ разорванных межатомных связей, определяющих параметр Γ_q в соответствии с выражением (8). Одинаковую штриховку имеют участки, соответствующие одному и тому же интервалу времени $\Delta \tau_i$.

Из (10) следует, что поломка пластины в произвольный момент времени τ_q на длине l_{pq} происходит в случае, когда суммарное количество накопленных повреждений (разорванных связей) на этой длине становится близким 1. Полученное выражение позволяет объяснить физическую сущность основной причины изменений длины излома l_{ii} .

При $\Delta\tau \rightarrow 0$ и $\Delta l \rightarrow 0$ получим интегральную форму записи выражения (10) с учетом (9)

$$S_p(\tau) = K_s [t(\tau)]^{a_1} \left\{ 1 - \int_0^{\tau} \int_0^{l(\tau_1)} \frac{dld\tau}{T_n^T(\tau) l_p(\tau)} \right\}, \quad (11)$$

по которой можно определить мгновенное значение площади сечения, воспринимающего максимальную нагрузку.

В связи с инерционностью процесса нагрева режущей пластины в "опасном" сечении (рис. 3) и малой скоростью изменения параметров t, s, v и σ_b на тяжелых станках вместо предложенной в [1] формулы для температуры целесообразно использовать следующую зависимость

$$\theta_a(\tau) = K_\theta [\bar{t}(\tau)]^{a_\theta} [\bar{s}(\tau)]^{b_\theta} [\bar{v}(\tau)]^{c_\theta} [\bar{\sigma}_b(\tau)]^{d_\theta} + 273, \quad (12)$$

в которой $\bar{t}, \bar{s}, \bar{v}$ и $\bar{\sigma}_b$ - средние за оборот детали значения входных переменных.

На основании полученных результатов с учетом (11) и (12) модель процесса разрушения инструмента для переменных внешних условий обработки представим в следующем виде:

$$\begin{cases} T_n^T(\tau) = T_0 \exp \left\{ \frac{B_n - C_n [t(\tau)]^{a_T} [s(\tau)]^{b_T} [v(\tau)]^{c_T} [\sigma_b(\tau)]^{d_T} [1 - r(\tau)]^{-1}}{D_n [\bar{t}(\tau)]^{a_\theta} [\bar{s}(\tau)]^{b_\theta} [\bar{v}(\tau)]^{c_\theta} [\bar{\sigma}_b(\tau)]^{d_\theta} + 1} \right\}, \\ r(\tau) = \int_0^{\tau} \int_0^{l(\tau_1)} \frac{1}{T_n^T(\tau) l_p(\tau)} dld\tau, \end{cases} \quad (13)$$

где $a_T = a_p - a_l$; $b_T = b_p - b_\zeta$; $c_T = c_p$; $d_T = d_p - d_\zeta$; $C_n = \frac{C}{K_\zeta K_s}$, а ко-

эффициенты B_n , C_n и D_n взяты из модели в [1].

Учитывая, что скорость разрушения инструмента во много раз меньше скорости протекания переходных процессов в системе СПИД, укрупненно процесс разрушения можно представить в виде динамической управляемой системы, показанной на рис. 4.

Для дальнейшего оперирования с моделью при разработке алгоритмов управления процессом резания необходимо установить количественную связь между переменными в выражении (13) на основании результатов экспериментальных исследований процесса разрушения режущего инструмента.

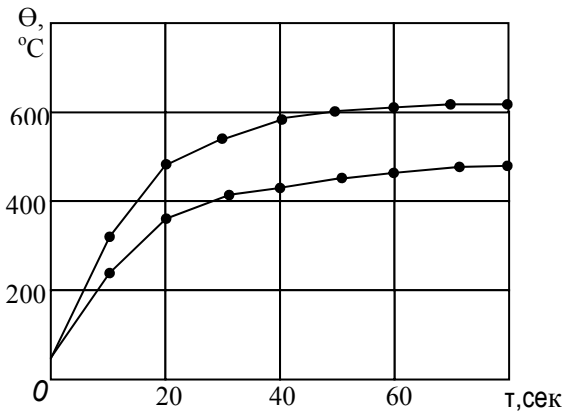


Рис.3. Процесс нагрева в "опасном" сечении пластины

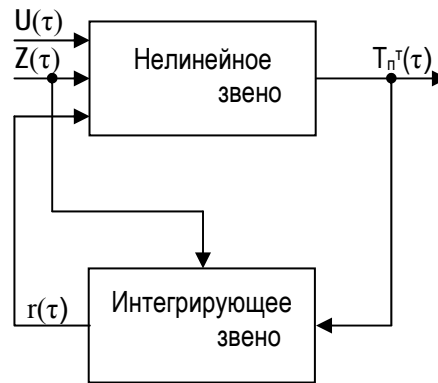


Рис.4. Процесс разрушения инструмента как управляемая система

Выводы

1. В работе представлены теоретические исследования, касающиеся вопроса совершенствования предложенной ранее модели процесса разрушения режущего инструмента при точении.
2. При изменении в широких пределах глубины резания предложен алгоритм расчета влияния распределенной по режущей кромке нагрузки на работоспособность инструмента.
3. В результате исследований получена динамическая модель процесса разрушения как управляемая система с учетом динамики изменения интегрального параметра повреждаемости пластины. Модель может быть использована при формировании критериев управления процессом металлообработки.

Л и т е р а т у р а

1. Сквирский В.Д. Модель процесса разрушения режущего инструмента как объекта управления с ограниченными ресурсами. – Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. Науковий журнал. – Луганськ, 2007, №4(110). – С. 191-196.
2. Иванов А.И. Оптимизация процесса резания на тяжелых станках. В сб. Известия Северо-Кавказского научного центра. Новочеркасск, 2003.
3. Регель В.Р., Слуцкер А.И., Томашевский Э.Е. Кинетическая природа прочности твердых тел. – М.: Наука, 1974. – 536 с.
4. ХаеТ Г.Л. Прочность режущего инструмента. М.: Машиностроение, 1985. – 170 с.

Скрильник І.І.

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРЕТИКО-ГРАФОВИХ МОДЕЛЕЙ ДО РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧІ ВИБОРУ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПРОЕКТУ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

У статті запропоновано розв'язок актуальної економічної задачі вибору найкращого інвестиційного проекту в умовах невизначеності. Показано, що дана задача може бути розв'язана в контексті пофарбування нечіткого графа.

Вступ. В умовах управління реальними інвестиціями вибір найкращого варіанта при наявності декількох інвестиційних проектів є найбільш типовою і відповідальною задачею [1, 2]. При цьому якість управлінських рішень набуває всебічної актуальності. Від того, наскільки об'єктивно проведена оцінка інвестиційних проектів, залежать строк окупності, варіанти його альтернативного використання, прибуток. Часто, приймаючи практичні рішення, інвестор керується неформалізованими методами вибору альтернативних варіантів капіталовкладень, спираючись на свій досвід, власну логіку. Розроблені моделі оцінювання найкращого варіанту для інвестування є переважно детермінованими та використовують статичні значення економічних показників [3]. Отже, ситуація, у якій інвестор або інші комерційні підприємства приймають рішення, є детермінованою, а моделі не враховують динаміку розвитку проектів. Звичайно, передбачувати динаміку розвитку обраного інвестиційного проекту дуже складно, інколи про неї взагалі нічого невідомо. Тому перспективними є розроблення та застосування нечітких моделей. Проблему вибору інвестиційного проекту можна розв'язати у контексті пофарбування деякого нечіткого графу [4-6], а результат представити у вигляді нечіткого відношення [7], у якому значення функцій належності відображують частку сумніву експерта у розвитку того чи іншого проекту по заданому варіанту.

Мета даної роботи — розв'язати задачу вибору найкращого інвестиційного проекту в умовах невизначеності, використовуючи хроматичні властивості теоретико-графових моделей.

Постановка задачі. На практиці часто доводиться приймати рішення в умовах невизначеності:

1. Невизначеність розвитку проектів;
2. Декілька варіантів розвитку проектів;
3. Відсутність єдиної методики вибору оптимального інвестування;
4. Різнопланові методи вибору дають різні оцінки проектів.

Указані фактори призводять до проблеми розроблення такої моделі вибору найкращого інвестиційного проекту, яка б поєднувала детерміновані методи обчислень із невизначеністю параметрів та середовища інвестування.

Нехай існує N інвестиційних проектів $X = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$, кожен із яких характеризується набором показників $A_i = \{a_{i,1}, a_{i,2}, \dots, a_{i,k}\}$. Нехай також існує q варіантів розвитку проектів $C = \{c_1, c_2, \dots, c_q\}$, кожен із яких характеризується певним прибутком $\{E_{i,j}\}$, $1 \leq i \leq N$, $1 \leq j \leq q$. Для зручності порівняння економічних показників використовується порівняльна характеристика інвестиційних проектів, яка складається у вигляді таблиці.

Порівняльна характеристика проектів

Показники економічної ефективності інвестицій	Проекти			
	x_1	x_2	...	x_N
Термін окупності проекту.	$a_{1,1}$	$a_{2,1}$	...	$a_{N,1}$
Коефіцієнт ефективності.	$a_{1,2}$	$a_{2,2}$	...	$a_{N,2}$
Чистий приведений дохід.	$a_{1,3}$	$a_{2,3}$	...	$a_{N,3}$
Рентабельність інвестицій.	$a_{1,4}$	$a_{2,4}$	...	$a_{N,4}$
...
Внутрішня норма рентабельності.	$a_{1,k}$	$a_{2,k}$	...	$a_{N,k}$

Перераховані показники економічної ефективності проектів є результатами обчислень відповідних детермінованих методів оцінок економічної ефективності капіталовкладень. Ці методи поряд зі своїми перевагами мають недоліки. Наприклад, перевагами методу при обчисленні терміну окупності проекту є: можливість оцінки ліквідності й ризикованості проекту, простота застосування. Його недоліками є: неможливість прогнозування доходів за межами терміну окупності, ігнорування реінвестування і тимчасової вартості грошей, відсутність адитивної властивості, неможливість оцінювання рентабельності при ізольованому використанні.

Інший метод чистого приведеного прибутку дозволяє отримати інформацію про тимчасову вартість грошей та орієнтуватися на збільшення прибутку інвестора, але не дозволяє визначити поріг рентабельності і запас фінансової стійкості проекту. При цьому рішення неможливо порівняти із варіантом портфельних інвестицій із відомою прибутковістю.

Перераховані показники передбачають вибір найбільш ефективного проекту на основі лише одного показника. До того ж, їхні значення можуть суттєво відрізнитися один від одного, що ускладнює процедуру вибору. З точки зору експерта кожен із проектів є "більш вигідним" або "менш вигідним" для інвестування. Тобто, на основі експертної характеристики проекти можна класифікувати, даючи якісні оцінки, такі як: "більш", "менш", "кращий", "гірший". Нехай існує шкала експертних характеристик M , яка якісні оцінки співставляє з чисельними значеннями функції належності $\mu(x_i, x_j) \in M$, $1 \leq (i, j) \leq N$. Тоді результатом порівняння проектів між собою буде матриця

$$x_i \tilde{\mathfrak{R}} x_j = \begin{bmatrix} \mu_{\tilde{G}}(x_1, x_1) & \mu_{\tilde{G}}(x_1, x_2) & \dots & \mu_{\tilde{G}}(x_1, x_N) \\ \mu_{\tilde{G}}(x_2, x_1) & \mu_{\tilde{G}}(x_2, x_2) & \dots & \mu_{\tilde{G}}(x_2, x_N) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \mu_{\tilde{G}}(x_N, x_1) & \mu_{\tilde{G}}(x_N, x_2) & \dots & \mu_{\tilde{G}}(x_N, x_N) \end{bmatrix}. \quad (1)$$

Відповідно, отриману матрицю $x_i \tilde{\mathfrak{R}} x_j$ можна представити у вигляді нечіткої множини $\tilde{G} = X_1 \times X_2$, де $X_1 = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$, $X_2 = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$. Оскільки $X_1 = X_2 = X$, то множина упорядкованих пар $(x_i, x_j), 1 \leq (i, j) \leq N$ є нечітким графом у сенсі Бержа [7], для якого виконуються умови:

$$\tilde{G} \cap \bar{G} = \emptyset; \quad (2)$$

$$\tilde{G} \cup \bar{G} = X \times X. \quad (3)$$

Якщо множина варіантів розвитку проектів $C = \{c_1, c_2, \dots, c_q\}$ буде відігравати роль фарб, пофарбування нечіткого графа \tilde{G} у кольори із набору C дасть уявлення про ступінь імовірності розвитку i -ого проекту по j -ому варіанту та можливий прибуток $\{E_{i,j}\}, 1 \leq i \leq N, 1 \leq j \leq q$. Отже, метою оцінювання привабливості інвестування у той чи інший проект в умовах невизначеності є обчислення ступеня сумніву варіантів розвитку проектів ("більш вірогідно", "менш вірогідно"). Розв'язок можна представити у вигляді нечіткого відношення $\tilde{\mathfrak{R}}(C)$ та матриці очікуваних прибутків $[E_{i,j}]$:

$$\tilde{\mathfrak{R}}(C) = \begin{bmatrix} \mu_{\tilde{C}}(x_1, c_1) & \mu_{\tilde{C}}(x_2, c_1) & \dots & \mu_{\tilde{C}}(x_N, c_1) \\ \mu_{\tilde{C}}(x_1, c_2) & \mu_{\tilde{C}}(x_2, c_2) & \dots & \mu_{\tilde{C}}(x_N, c_2) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \mu_{\tilde{C}}(x_1, c_q) & \mu_{\tilde{C}}(x_2, c_q) & \dots & \mu_{\tilde{C}}(x_N, c_q) \end{bmatrix}, \quad (4)$$

$$E = \begin{bmatrix} E_{x1,c1} & E_{x2,c1} & \dots & E_{xN,c1} \\ E_{x1,c2} & E_{x2,c2} & \dots & E_{xN,c2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ E_{x1,cq} & E_{x2,cq} & \dots & E_{xN,cq} \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Нечітке відношення є результатом розв'язку задачі пофарбування деякого нечіткого графа. Розв'язок даної задачі може бути отриманий на основі спеціальних методів пофарбування нечітких графів.

Формулювання задачі пофарбування нечіткого графа. У класичній теорії графів проблема пофарбування полягає у розподілі між вершинами графу кольорів таким чином, щоб жодні дві суміжні вершини не були пофарбовані в один колір [8]. Оскільки у теорії нечітких множин допускається приналежність одного і того ж елемента до декількох категорій, то застосування методів пофарбування, заснованих на лінійно-квадратичній оптимізації, не має сенсу. У теорії нечітких множин ключовою характеристикою елемента є його функція належності $\mu(x)$, значення якої знаходиться у межах інтервалу $[0, 1]$.

Якщо $\mu_{\tilde{C}}(x, c)$ – значення функції належності у нечіткому відношенні $\tilde{\mathfrak{R}}(C)$ (4), тоді задача пофарбування нечіткого графа сформулюється наступним чином.

Для нечіткого графу \tilde{G} потрібно відшукати таке нечітке відношення $\tilde{\mathfrak{R}}(C)$, для якого виконуються умови:

$$\sqrt{\mu_{\tilde{C}}(x_i, c_n) + \mu_{\tilde{C}}(x_j, c_n)} \leq \sqrt{1 + \varepsilon(\tilde{\mathfrak{R}}(C), \bar{\mathfrak{R}}(C))}, \quad n = 1 \dots K; \quad (6)$$

$$\mu_{\tilde{G}}(x_i, x_j) > \delta, \quad (i, j) = 1 \dots |E|, \quad (7)$$

де $\varepsilon(\tilde{\mathfrak{R}}(C), \bar{\mathfrak{R}}(C))$ – відносна евклідова відстань [7] між нечіткою множиною $\tilde{\mathfrak{R}}(C)$ та найбільшою до неї $\bar{\mathfrak{R}}(C)$.

Алгоритм пофарбування нечіткого графу. Розглянемо деякі операції над нечіткими відношеннями. Нехай нечіткий граф \tilde{G} задано за допомогою нечіткого відношення $x_i \tilde{\mathfrak{R}} x_j$.

Назвемо “слабким ребром” нечіткого графа \tilde{G} значення функції належності $\mu_{\tilde{R}}(x_i, x_j) < 0,5$ нечіткого відношення $x_i \tilde{\mathfrak{R}} x_j$. “Сильним ребром” нечіткого графа \tilde{G} назвемо таке значення нечіткого відношення $x_i \tilde{\mathfrak{R}} x_j$, що задовольняє умову $\mu_{\tilde{R}}(x_i, x_j) \geq 0,5$.

Редукцією нечіткого відношення $x_i \tilde{\mathfrak{R}} x_j$ по “слабкому ребру” є операція відшукання індукованого відношення $x_i \tilde{\mathfrak{R}}' x_j \sim_{\Gamma} x_i \tilde{\mathfrak{R}} x_j$, де $\Gamma\{x_k\} = \{x_r\}$. Індeksu (k, r) відповідають екстремуми $h(\tilde{\mathfrak{R}})$ нечіткого відношення $x_i \tilde{\mathfrak{R}} x_j$.

$$\mu_{\tilde{\mathfrak{R}}'}(x_k, x_r) = h(\tilde{\mathfrak{R}}); \quad (8)$$

$$h(\tilde{\mathfrak{R}}) = \bigwedge_{x_i, x_j} \mu_{\tilde{\mathfrak{R}}}(x_i, x_j). \quad (9)$$

Таким чином, $\mu_{\tilde{\mathfrak{R}}'}(x_i, x_j)$ індуковане відношенням $\tilde{\mathfrak{R}}'$ дорівнює:

$$\mu_{\tilde{\mathfrak{R}}'}(x_i, x_j) = \begin{cases} \max[\mu_{\tilde{R}}(x_k, x_k), \mu_{\tilde{R}}(x_r, x_r)], & \text{якщо } i = r \text{ та } j = r; \\ \max[\mu_{\tilde{R}}(x_i, x_r), \mu_{\tilde{R}}(x_i, x_k)], & \text{якщо } j = r; \\ \max[\mu_{\tilde{R}}(x_r, x_j), \mu_{\tilde{R}}(x_k, x_j)], & \text{якщо } i = r. \end{cases} \quad (10)$$

Найменшим редукованим відношенням $\tilde{\mathfrak{Z}}$ будуть вважати таке відношення, для якого

$$\bigwedge_{x_i, x_j} \mu_{\tilde{R}}(x_i, x_j) > 0,5 \quad (11)$$

Отже, розв'язок задачі пофарбування нечіткого графа \tilde{G} (6) та (7) зводиться до відшукання такого відображення $\Gamma\{x_k\} = \{C\}$, при якому $x_i \tilde{\mathfrak{R}} x_j \sim_{\Gamma} x_i \tilde{\mathfrak{Z}} x_j$.

Алгоритм пофарбування графа \tilde{G} зводиться до наступних кроків.

Крок 1. У нечіткому відношенні $x_i \tilde{\mathfrak{R}} x_j$ знайти таке “слабке ребро” $\mu_{\tilde{\mathfrak{R}}}(x_k, x_r)$, щоб $\mu_{\tilde{\mathfrak{R}}}(x_k, x_r) = h(\tilde{\mathfrak{R}})$.

Крок 2. Знайти індуковане відношення $\tilde{\mathfrak{R}}'$ за допомогою операції редукції нечіткого графа (10).

Крок 3. Сформулювати підмножину

$$L^{(n+1)}\{x\} = \left\{ \frac{x_k}{\mu_{\tilde{\mathfrak{R}}'}(x_k, x_r)}, \frac{x_r}{\mu_{\tilde{\mathfrak{R}}'}(x_r, x_k)} \right\} \cup L^{(n)}\{x\},$$

де $L^{(n)}\{x\}$ підмножина відібраних вершин, утворена попередніми ітераціями $L^{(n)}\{x\} = \emptyset$, якщо лічильник ітерацій алгоритму дорівнює одиниці.

Крок 4. Повторювати виконання кроків 2-4 до тих пір, поки не знайдемо таке редуковане відношення, для якого виконується умова (11).

Крок 5. Знайти всі можливі підмножини $\tilde{C}_1, \tilde{C}_2, \dots, \tilde{C}_n$ на множині $L\{x\}$, виконуючи попарно операцію порівняння:

$$\begin{aligned} & \text{if } L^{(n)}\{x\} \cap L^{(n+1)}\{x\} \neq \emptyset \\ & \text{then } \tilde{C}_n = L^{(n)} \left\{ \frac{x}{\mu_{\tilde{C}}(x, c)} \right\} \cup L^{(n+1)} \left\{ \frac{x}{\mu_{\tilde{C}}(x, c)} \right\} \quad (n, i) = 1 \dots |L|. \end{aligned} \quad (12)$$

Крок 6. Утворити нечітке відношення $\tilde{\mathfrak{R}}(C)$, що є пофарбуванням нечіткого графу.

Остаточно вибір найкращого варіанту для інвестування робиться, виходячи із даних економічних умов, шляхом вибору найбільш імовірного варіанту розвитку одного з проектів та найбільшого значення очікуваного прибутку $E_{i,j}$.

Висновок. В основу розв'язку задачі вибору найкращого інвестиційного проекту в умовах невизначеності покладено пофарбування відповідної теоретико-графової моделі. Розв'язок задачі пофарбування нечіткого графа дає розподіл ступенів сумніву варіантів розвитку інвестиційних проектів, що дозволяє, виходячи із наявних економічних умов, оцінити привабливість того чи іншого варіанту капіталовкладень.

При розгляді проблеми управління капіталовкладень сформульовано та розв'язано задачу пофарбування нечітких графів. Показано, що такий підхід відповідає формальній логіці інвестора та дозволяє здійснити вибір у ситуації багатовекторного розвитку проекту.

У зв'язку з тим, що в умовах управління реальними інвестиціями вибір найкращого варіанта при наявності декількох інвестиційних проектів є найбільш типовою і відповідальною задачею, остаточно рішення щодо вибору найкращого інвестиційного проекту в умовах невизначеності здійснюється експертом на основі матриці очікуваних прибутків.

Л і т е р а т у р а

1. Ковалев В. В. Финансовый анализ: Управление капиталом. Выбор инвестиций. Анализ отчетности. – 2-е. изд., доп. и перераб. – М.: Финансы и статистика, 2001. – 416 с.
2. Дубов Ю. А. и др. Многокритериальные модели формирования выбора варианта систем. – М.: Наука, 1986. – 296 с.
3. Гречишкина М.В., Ивахник Д.Е. Выбор оптимального варианта инвестиций – оптимизационных подход // Финансовый менеджмент. – 2003. – № 3.
4. Берштейн, Боженюк А.В. Введение в теорию нечетких графов: Учебное пособие. - Таганрог: ТРТУ, 1999.
5. Rosenfield A. Fuzzy graphs. – In: Fuzzy Sets and their Applications to Cognitive and Decision Processes. Academic Press, 1975. – P. 77 – 95.
6. Santos E. S. Fuzzy Algorithms // Inform. and Control. Vol. 17, 1970. – P. 326 – 339.
7. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств: Пер. с французского / Под ред. С.И. Травкина. – М: Радио и связь, 1982. – 431 с.
8. Kochenberger G.A., Glover F., Alidaee B., Rego C., An Unconstrained quadratic binary programming approach to the vertex coloring problem // Annals of Operations Research. – 2005. – № 139

Хмелёва А.В., Хмелёв А.Г., Смекалин Е.С.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В статье предлагается система управления запасами, которая более точно отражает специфику снабжения в пищевой промышленности, позволяет более удачно осуществлять контроль сырья на предприятии и производить его пополнение, а значит, осуществлять более эффективную с экономической точки зрения закупочную деятельность.

Последние тридцать лет в развитых странах уделяется повышенное внимание к проблеме запасов, об этом говорит то, что доля запасов в ВВП этих стран в среднем снизилась от 17-20% до 10-12%. В это же время закупочная логистика стала приобретать все большее значение и для пищевой промышленности, так как закупочные процессы оказывают существенное влияние на экономику предприятия, особенно технология управления запасами и формируемые при этом затраты.

Кроме того, что на закупочную политику в данной отрасли накладываются существенные ограничения срока годности запасаемого сырья, предприятия, производящие конечную продукцию, в большой степени зависят от поставщиков. Поэтому задача осуществления закупок сырья предприятиями пищевой промышленности является актуальной.

Существуют различные методики проектирования логистической системы управления запасами, но мы коснемся самой распространенной. Она предполагает решение следующих последовательных задач:

- подготовка исходных данных;
- расчет оптимального размера заказа для каждого вида сырья;
- сопоставление оптимального и принятого размера заказа;
- моделирование поведения системы управления запасами либо с фиксированным размером заказа, либо с фиксированным интервалом времени между заказами и выбор для каждого вида сырья наиболее предпочтительной системы.

Оптимальный размер заказа рассчитывается руководствуясь теорией модели EOQ по формуле Вильсона [1, 2]:

$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2 \times C_{зак} \times S_{год}}{C \times \frac{r}{100}}}, \quad (1)$$

где $C_{зак}$ – затраты оформления одного заказа; C – стоимость единицы запаса; r – удельный вес содержания запаса в его стоимости; $S_{год}$ – годовой спрос на запас.

Модель с постоянным размером заказа предусматривает пополнение запаса каждый раз на одну и ту же фиксированную величину, причем заказ на нее производится в момент, когда наличие запаса на складе снижается до определенного уровня. При неравномерном спросе моменты заказов возникают через неравные промежутки времени (рис. 1).

Как видно на рисунке, из второго бункера запас расходуется от момента заказа до момента очередной поставки, при этом время выполнения заказа является постоянной величиной $t_{зп}$.

В системе с постоянной периодичностью пополнения запасов заказ повторяется через равные промежутки времени.

В момент заказа проверяется наличие запаса на складе, размер заказа равен разности между фиксированным необходимым запасом и его фактическим наличием. Таким образом, q_3 является переменной величиной, а t_{c3} – постоянной (рис. 2).

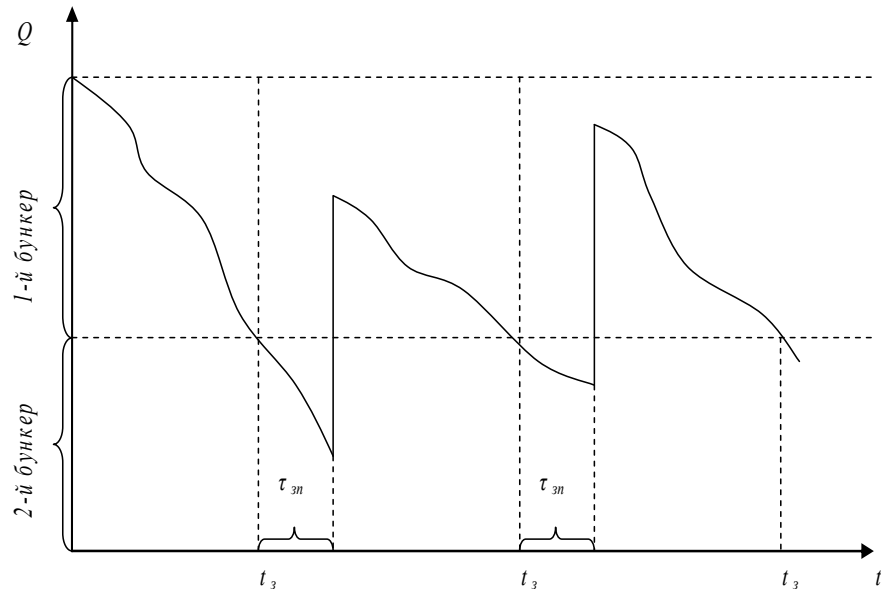


Рис. 1. График пополнения и расходования запаса с постоянным размером заказа

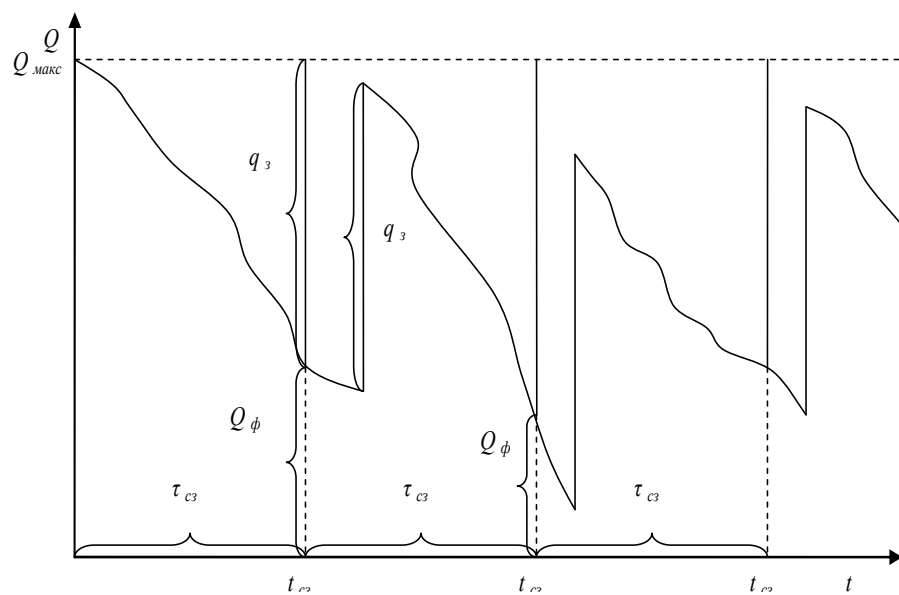


Рис. 2. График пополнения и расходования запаса в системе с постоянной периодичностью

Конечно, нельзя утверждать, что используются только эти системы управления запасами. Существуют различные их модификации, недалеко отступающие от основной идеи.

В дополнение к описанным системам предприятия используют метод ABC – метод контроля и управления многономенклатурными запасами на основе закона Парето «80-20». Зачастую для тех же целей используется дифференцирование видов запасов по методу XYZ, в котором за критерий оценки запаса принимается степень равномерности спроса [3,4,5].

Перечисленные выше системы управления запасами в основном справляются с возложенными на них функциями, но в отраслях пищевой промышленности существует некоторая специфика данной проблемы.

Следуя описанной выше методике проектирования логистической системы управления запасами, в начале стоит уделить внимание формуле расчета оптимальной партии поставки. Данная формула, полученная путем дифференцирования функции суммы затрат на оформление и содержание одной партии запаса, не учитывает важнейшего фактора хранения пищевых запасов – срока годности, по истечении которого данный запас списывается.

Для корректировки данной величины необходимо знать средний спрос на сырье в день, который можно получить путем деления уже известного годового спроса на запас на количество рабочих дней в году.

Далее необходимо рассчитать количество дней, в течение которых будет использоваться оптимальная партия поставки, рассчитанная согласно (1):

$$d_{cp} = \frac{Q_{opt}}{S_{cp.дн.}}, \quad (2)$$

где $S_{cp.дн.}$ – средний спрос на сырье в день; d_{cp} – срок использования одной партии.

Скорректированная оптимальная партия будет рассчитываться исходя из условий:

$$Q''_{opt} = \begin{cases} Q_{opt}, & d_{cp} < g_{cp} \\ Q_{opt} - S_{cp.дн.} \cdot (d_{cp} - g_{cp}), & d_{cp} > g_{cp} \end{cases}, \quad (3)$$

где g_{cp} – средний срок годности поставляемого запаса.

Таким образом, мы сокращаем размер оптимальной партии до того ее количества, которое мы успеем использовать до истечения срока годности запаса.

Что касается систем управления запасами, недостатком первой из описанных есть то, что второй бункер является в своем роде страховым резервом запаса, использование которого осуществляется только в случае исчерпания первого бункера.

В случае с запасами, имеющими срок годности, наличие статического бункера невозможно [6]. Во втором же случае в системе с постоянной периодичностью пополнения запаса не учитывается случайность спроса. К тому же объем партии заказа является не оптимальной величиной, а постоянно меняющейся, что может изменить связанные издержки в большую сторону.

Следовательно, в системе управления запасами, имеющими срок годности, необходимо дополнительно учитывать следующие ограничения:

- невозможность наличия статических резервов при меняющемся спросе;
- желательность использования скорректированной оптимальной партии заказа при закупке, что отражено в (3).

Эти ограничения учтены в предлагаемой модели. На рис. 3 модель представлена в дискретном виде, что облегчает понимание происходящих процессов.

Время выполнения заказа обозначено $\tau_{\text{зак}}$ и условно для наглядности принято равным трем дням. Использование данной модели требует определения в каждый момент времени (каждый день) величины спроса на запас ($S(t)$), а также величины резерва запаса, необходимого для работы предприятия в дни выполнения заказа ($R_{\text{рез}}$). Данная величина рассчитывается по формуле:

$$R_{\text{рез}(t)} = \tau_{\text{зак}} \times S_{\text{cp}(t)}, \quad (4)$$

где $S_{\text{cp}(t)}$ – скользящее среднее спроса за n дней.

Заказ запаса производится в момент, когда разница между текущим количеством запаса и величиной резерва, изменяющего динамически, будет меньше скользящего среднего спроса. Математически это условие выглядит так:

$$Q_{\text{тек}} - R_{\text{рез}(t)} < S_{\text{cp}(t)}. \quad (5)$$

Запас пополняется на величину скорректированную с учетом срока годности оптимального размера запаса. Следует отметить, что при этом остаток (закрашенный на рисунке серым цветом), играет роль резерва отклонений спроса в большую сторону за время выполнения заказа, что еще больше повышает надежность [7, 8].

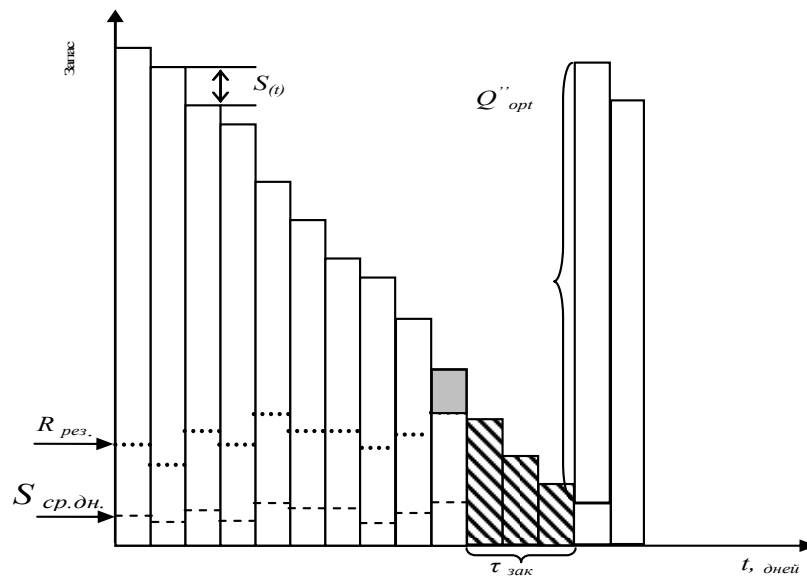


Рис. 3. Динамическая модель управления запасами

Ежедневный спрос на запас, скользящее среднее спроса и резерв запаса являются величинами, постоянно меняющимися во времени и в то же время основными для контроля уровня запаса. Поэтому можно сказать, что данная модель является более динамичной и адаптивной по сравнению со стандартными системами контроля уровня запаса, так более точно учитываются изменения сложившейся ситуации.

Использование скорректированной оптимальной партии поставки позволяет оптимизировать затраты по каждой закупаемой партии и, в то же время, избежать ситуации, когда приобретенные запасы не могут быть использованы из-за истечения срока годности.

Сама система управления запасами, конечно, требует ежедневного ведения учета запаса на складе и расчета основных показателей, но с помощью несложного в использовании специального программного обеспечения эта задача становится легко решаемой. А при наличии электронного обмена данными на предприятии получение необходимых данных для осуществления контроля запасов становится элементарным.

Выводы. Таким образом, данная система обеспечивает динамическое слежение за уровнем запаса на складе, позволяет сократить расходы на его оформление и содержание, в результате использования оптимальной партии заказа, а также дает возможность избежать истечения срока годности запасаемого сырья, путем корректировки этой оптимальной партии, что также сокращает возможные непредвиденные издержки.

Предложенная система управления запасами более точно отражает специфику снабжения в пищевой промышленности, что позволяет более удачно осуществлять контроль сырья на предприятии и производить его пополнение, а следовательно, осуществлять более эффективную с экономической точки зрения закупочную деятельность.

Л и т е р а т у р а

1. Неруш Ю.М. Коммерческая логистика.- М.: Банки и биржи, 1997.- 271 с.
2. Рынок и логистика/Под ред.М.П.Гордона.- М.: Экономика, 1993.- 147 с.
3. Таджикский А.М. Основы логистики.- М.: ИВЦ "Маркетинг", 1995.- 124 с.
4. Ферни Д., Спаркс Ли. Логистика и управление розничными продажами: ведущие эксперты о современной практике и тенденциях. Изд-во Сибирского университета, 2007. - 263 с.
5. Александр Цыганок. "Золотые" запасы//Бизнес, №52 (519), 23.12.2002.
6. Колесникова Я.А. Моделирование системы управления запасами скоропортящихся товаров // Сборник трудов конференции Моделирование-2006, 16-18 мая 2006, Киев.
7. Прогрессивные способы организации производственных логистических систем. Клуб логистов – <http://www.logist.ru/publication/dnews.pl?action=news&id=136>.
8. Черненко М. Проблемы управления украинскими предприятиями. // Корпоративные системы, 2002, № 4. www.cs.comizdat.com.

Хмелевой С.В., Скобцов Ю.А., Фонов А.М.

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ СОЗДАНИЯ БАЗЫ ЗНАНИЙ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ ПРОДУКЦИЙ, НАСТРАИВАЕМЫХ С ПОМОЩЬЮ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ

В статье показана разработка инструментальных средств для создания базы знаний на основе нечетких продукций, создаваемых и настраиваемых генетическими алгоритмами. Разработана иерархия объектов с использованием языка моделирования UML, реализованная с помощью интегрированной среды разработки Borland Delphi.

Введение. Для прогнозирования, решения задач классификации и аппроксимации одним из самых естественным подходов является создание набора правил (продукций). Одним из наиболее эффективных механизмов для автоматического создания такого набора является аппарат генетических алгоритмов (ГА). При создании базы знаний (БЗ) наибольшей гибкостью обладают нечеткие правила. Системы, использующие ГА для построения и настройки набора нечетких продукций, дают достаточно точные и интерпретируемые результаты, получаемые автоматически, без помощи человека.

Целью данной статьи является разработка инструментальных средств для создания базы знаний на основе нечетких продукций.

Анализ исследований и публикаций в данной области. Основой подход для реализации системы по созданию набора правил для классификации/прогнозирования с использованием генетических алгоритмов изложен в обзоре [1]. Он расширен и дополнен как в последующих работах автора [2], так и в других работах [3]. Математический аппарат нечетких множеств создан и получил развитие в работах Л. Задэ, Т. Тэрано, М.Сугэно. Подробно с ними можно ознакомиться, например, в [4]. Применение генетических алгоритмов для автоматического создания и настройки правил на основе нечетких логических контроллеров показано в [5]. Этот подход к формированию БЗ был успешно применен в предыдущих работах авторов [6].

Описание системы для получения базы знаний. В данной работе для автоматического создания и настройки множества правил, представленных с помощью нечетких продукций используется ГА (в качестве алгоритма нечеткого вывода использован алгоритм Mamdani). Полученные правила могут применяться, в том числе, и для прогнозирования временных рядов. В простейшем случае (при использовании лингвистической семантики) используются правила

следующего вида: если x_1 есть α_1 и...и x_n есть α_n то y есть α' , где x_1, x_2, \dots, x_n – входные лингвистические переменные, y – выходная лингвистическая переменная, $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n, \alpha'$ – термы из терм-множеств соответствующих лингвистических переменных, x_n есть α_n n-е подусловие правила. Термы всех лингвистических переменных имеют треугольные функции принадлежности.

Однако такой подход имеет ограниченную точность. Для улучшения точности форма функций принадлежности подусловий задается тремя вещественными числами и может произвольно меняться (в случае использования свободной семантики правил). Это можно реализовать с помощью ГА. При этом потенциальное решение – набор правил в ГА представляется хромосомой, состоящей из двух фрагментов. Первая часть (фрагмент) включает в себя номера

термов из терм-множеств лингвистических переменных. На основе функций принадлежности этих термов строится изначально набор правил. Вторая часть содержит более точный вид правила в виде набора закодированных функций принадлежности (каждая кодируется тремя числами, всего n входных и 1 выходная переменная).

Таким образом, хромосома имеет вид $C=C_1C_2$, где $C_1= C_{11}, C_{21}, \dots, C_{n1}, C_y$ – выбор конкретного термина лингвистической переменной для каждого входа и выхода, $C_2=C_{a12} C_{b12} C_{c12} C_{a22} C_{b22} C_{c22} \dots C_{an2} C_{bn2} C_{cn2} C_{ay2} C_{by2} C_{cy2}$ – точная настройка нечетких функций правила (абсциссы левого края треугольника, его центра и его правого края). С помощью фрагмента хромосомы C_1 выполняется грубая настройка правила, в то время как фрагмент C_2 используется для точной настройки.

Для улучшения точности создаваемых правил применяется двухуровневый генетический алгоритм [5], функцией нижнего уровня является конструирование нечетких правил, функцией верхнего – сбор созданных правил и выдача набора данных, по которому нижний уровень будет создавать следующее правило.

Создание популяции нижним уровнем генетического алгоритма.

Правила в начальную популяцию генерируются частично случайно, частично используя точки из ОБ как базу для создания. Треть правил создаются, только подбирая значения части C_1 хромосомы (используются термины стандартных ЛП, лучше соответствующие точкам, часть C_2 заполняется из ФП термина). Вторая треть правил создается, подбирая терм лингвистической переменной частью C_1 хромосомы, создавая часть C_2 случайно в разрешенных для неё пределах. Для остальных правил выбор индекса C_1 случаен, часть C_2 заполняется случайно в разрешенных пределах.

Затем начинается работа нижнего уровня ГА. Результатом работы нижнего ГА является лучшее правило, которое копируется в массив правил БЗ.

Функции верхнего уровня эволюционного алгоритма.

После этого верхний уровень алгоритма начинает новый нижний ГА, создающий новую особь. Остановка процесса генерации правил (генерации знаний) производится после достаточного описания правилами БЗ всех точек ОБ. Для этого ОБ делится на две части: уже описанную созданными правилами и еще ими не описанную. При создании правила, описывающего (покрывающего) данную точку переносят точку из второй подвыборки в первую при однократном [3] или множественном [5] вхождении точки. Тогда для точки e_i считается количество вхождений в различные правила - пересчитывается величина покрытия CV каждой точки по выражению:

$$CV_R(e_i) = \sum_{i=1}^T R_i(e_i), \quad R_i(e_i) = *(A_i^1(ex_1^1), \dots, A_i^n(ex_n^1))B_i(ey^1)$$

где R_i - i -е правило,

T – общее число правил;

A_i, B_i – подусловия правила.

При достижении значением $CV_R(e_i)$ определенного порога (например, 1.5) она удаляется из множества обучающих точек. Т.о., вновь создаваемые правила не учитывают достаточно покрытые точки, и будут описывать более редкие ситуации.

Результатом работы алгоритма является набор правил, по которым можно получить прогнозное/аппроксимированное значение на основании входных факторов. Набор правил записывается в БЗ и может быть интерпретирован словесно [4].

Разработка инструментальных средств, реализующих данный алгоритм.

Наиболее рационально составить программу решения задачи прогнозирования из следующих программных модулей: модуля ввода информации, модуля получения базы знаний, а также модуля управления и визуализации.

Все модули программного комплекса реализованы с использованием средств Borland Delphi 7 [8]. Проектирование всех программных модулей выполнялись с использованием объектно-ориентированного подхода, предусматривающего создание классов для каждой решаемой задачи.

В простейшем случае для *ввода информации* используют стандартные текстовые файлы – benchmark-и. Достоинством их использования является то, что полученные результаты можно сравнить с результатами, полученными другими исследователями на этих наборах.

Для *создания базы знаний* на основе нечетких логических контроллеров необходима создание иерархии объектов. Разработанная диаграмма классов в терминах UML [7] представлена на рис. 1.

Для создания базы правил предусмотрены следующие типы и классы:

- TExample: одна точка из ОВ или ТВ;
- TMemberFunc: одно условие правила (или терм);
- TRule: одно правило;
- TPrimaryFuzzy: объект для терм-множества лингвистических переменных;
- TDataSet: класс для множества обучающих и тестовых данных;
- TPopulation: класс для нижнего уровня генетического алгоритма (содержащий популяции правил);
- TGenerGa: верхний уровень генетического алгоритма создания базы знаний.

Объекты TRule, TPrimaryFuzzy, TGenerGa рассчитаны на треугольную функцию принадлежности. Для возможности её модификации предусмотрено создание абстрактных классов TBaseRule, TBasePrimaryFuzzy, TBaseGenerGa, на которых могут основываться и классы-потомки с другими функциями принадлежности.

Подсистема визуализации. Из всех видов применяемой для данной системы видов визуализации можно выделить оценку процесса получения результата по набору входных точек. Она весьма полезна на этапе разработки инструментальных средств для проверки правильности результата, а также может быть применена для демонстрации механизма действия системы нечеткого вывода посторонним лицам. Экранная форма визуализации процесса получения результата по набору правил представлена на рис.2.

Для тестирования использовались наборы из Proben1 [9] и UCI Repository [10]. Для Glass1 (Proben1) сравнение выполнялось с результатами, полученными нейронными сетями на сокращенном множестве факторов (НС) и сокращенном с помощью генетических алгоритмов (ГА+НС), показанными в документации [9], а также в [3, 11, 12]. Для данных Ionosphere (UCI), результаты сравнивались с [3, 11, 12, 13, 15, 16] В [11, 12] использовалась комбинация ГА+НС, в [3] – C4.5 и EDRL, в [13] - система нечеткого вывода (FRBS, fuzzy rule-based system) на основе гауссовских функций принадлежности свободной семантики, в [14] – FRBS, подобная тестируемой, в [15] – алгоритмы SLAVE, C4.5, BP, в [16] – алгоритм SLAVE для генерации нечетких правил. Производилось сравнение и с результатами, полученными НС, и комбинацией «Анализ главных компонент-нейронная сеть» («АГК-НС»), реализация в пакете Matlab.

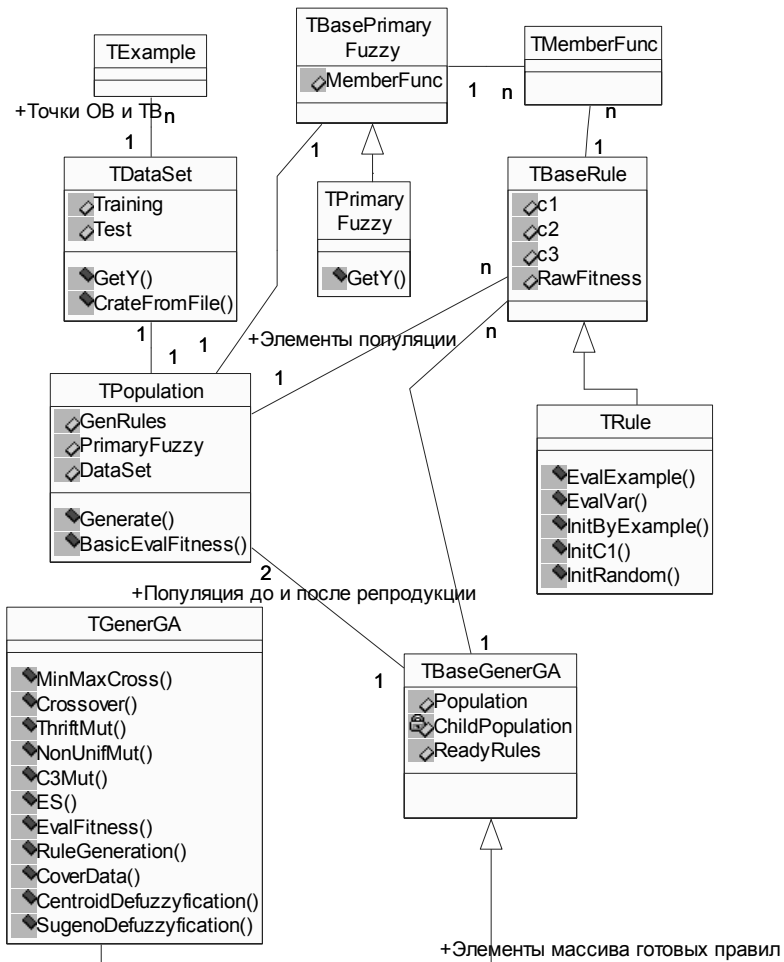


Рис. 1. Разработанная диаграмма классов объектов

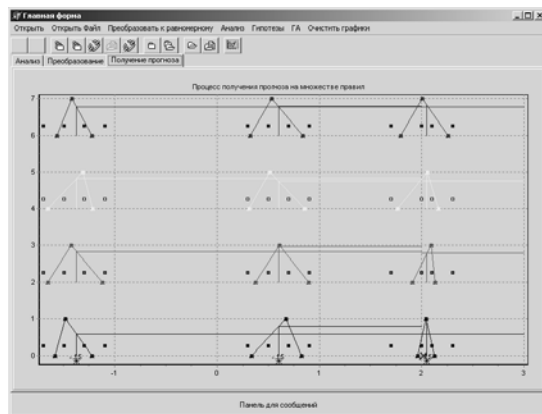


Рис. 2. Экранная форма получения прогноза для 2 входных факторов

На этапе генерации знаний система нечеткого вывода обучалась 10 раз для каждого набора, отдельно для каждого класса (например, для Glass1 – $10 \cdot 6 = 60$ обучений). Сначала делалась попытка использовать лингвистические средства алгоритма и стандартные функции принадлежности («лингв.»), а в случае недостаточной точности использовались функции принадлежности произвольной формы (свободная семантика, «своб.»).

Как показали опыты, с помощью созданных инструментальных средств возможно получить результаты, зачастую превосходящие результаты других исследований.

Выводы

По результатам, описанным в данной статье, можно сделать выводы:

1. Спроектирована иерархия объектов для объектно-ориентированной программной реализации системы, реализующей автоматическое построения базы знаний на основе нечетких продукций с помощью генетических алгоритмов.
2. По разработанным алгоритмам и спроектированной иерархии объектов созданы инструментальные средства для решения задачи прогнозирования ВР с помощью набора нечетких продукций. Их реализация была успешно произведена с использованием интегрированной среды разработки Borland Delphi 7.
3. Выполнено тестирование созданных аппаратных средств. Результаты тестирования показали успешность реализации созданных инструментальных средств.

Л и т е р а т у р а

1. Freitas Alex, 2002. A survey of evolutionary algorithms for data mining and knowledge discovery. Springer-Verlag. In A. Ghosh and S. Tsutsui editors, *Advances in Evolutionary Computation*, chapter 33, pages 819-845.
2. Dieferson Luis Alves de Araujo, Heitor S. Lopes, Alex A. Freitas. A parallel genetic algorithm for Rule Discovery in Large Databases. *Proc 1999 IEEE Systems, Man and Cybernetics Conf.*, v.3, 940-945. Tokyo, 1999.
3. Wojciech Kwedlo and Marek Kretowski, 199. Discovery of Decision Rules from Databases: An Evolutionary Approach. *Proc. 2nd European Symp. on principles of Data Mining and Knowledge Discovery (PKDD-98)*. Lecture Notes in Artificial Intelligence 1510, 371-378. Springer-Verlag, 1998.
4. А.Леоненков. Нечеткое моделирование в среде Matlab и fuzzyTECH. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 736с.: ил.
5. Cordon, F.Herrera. A Three-Stage Evolutionary Process for Learning Descriptive and Approximative Fuzzy Logic Controller Knowledge Bases from Examples.// *International Journal of Approximate Reasoning* Vo. 17-4 (1997) 369-407.
6. Хмелевой С.В. Создание и применение базы знаний на основе аппроксимативных нечетких логических контроллеров для прогнозирования internet траффика. // *Наукові праці ДонНТУ Серія: "Обчислювальна техніка та автоматизація"* Випуск 13 (121). - Донецьк : ДонНТУ. – 2007.- 226с. с.132-139.
7. Фаулер М. Скотт К. UML. Основы. – Пер. с англ. – СПб: Символ-Плюс, 2002. – 192 с., ил.
8. Архангельский А. Я.. Программирование в Delphi 7. – СПб: «Бином-Пресс», 2003. - 1152 с.
9. PROBEN1 - A Set of Neural Network Benchmark Problems and Benchmarking Rules [Electronic resource] : Сборник тестовых наборов данных для нейронных сетей / Lutz Prechelt, Fakultät fuer Informatik, Universitaet Karlsruhe. – Электрон. дан. – Karlsruhe, Germany, 1994. – Режим доступа: ftp.ira.uka.de/pub/neuron. - Загл. с экрана.

10. UCI Machine Learning: Сборник тестовых наборов данных. – Электрон. дан. - University of California, Irvine . – Режим доступа: <http://mlearn.ics.uci.edu/databases> . - Загл. с экрана.
11. *Oh Il-Seek, Lee Jin-Seon, And Moon Byung-Ro*, 2004. Hybrid Genetic Algorithms for Feature Selection. IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence, vol 26, no.11.
12. *Yang J.H., Honawar V.*, 1998. Feature Subset Selection Using a Genetic Algorithms. IEEE Intelligent Systems, vol. 13, no. 2, pp. 44-49.
13. *H.Surmann, A.Selenschtschikow*. Automatic Generation of fuzzy logic rule bases: Examples I. – Proc. of the NF2002: first international ICSC conference on neuro-fuzzy technologies. Pp 75-81, CUBA 16-19 jan, 2002.
14. *Oscar Cordon, Francisco Herrera et al.*. Different proposals to improve the accuracy of fuzzy linguistic modeling. //<http://decsai.ugr.es/~ocordon/>
15. *Cordon, M.J. del Jesus and F. Herrera*. Evolutionary approaches to the learning of fuzzy rule based classification systems. //<http://decsai.ugr.es/~herrera/public>
16. *Luis Castillo, Antonio Gonzalez, and Raul Perez*, "Including a simplicity criterion in the selection of the best rule in a genetic fuzzy learning algorithm," Fuzzy Sets and Systems, vol. 120, pp. 309 – 321, 2001.

УДК 004.415:330.47

Могильный Г.А., Шкандыбин Ю.А.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ БАЗ ДАННЫХ

В статье представлены результаты экспериментальных исследований сравнительной оценки производительности баз данных FoxPro9.0 и eDirectory.

Одним из основных компонентов эффективной работы любой информационной системы является система управления базой данных (СУБД), обеспечивающая хранение, поиск информации, сохранение и изменение всех состояний данной информационной системы, а так же интеграцию различных ее компонентов в единое информационное пространство. Поэтому вопросы эффективности использования различных СУБД в составе корпоративных информационных систем (КИС) являются актуальной и своевременной задачей. Одним из направлений разработки КИС является попытка создания единого информационного пространства на основе корпоративных сетевых решений путем интеграции и добавления новых свойств и объектов в службу самой операционной системы. Таким образом, удается в одной базе данных хранить системную информацию, информацию о правах доступа к файлам, каталогам, принтерам и другим сетевым ресурсам, а также дополнительную специализированную информацию КИС. В настоящий момент активно используются две сетевых службы: AD фирмы Microsoft и NDS eDirectory фирмы Novell. Однако возникает вопрос производительности данных служб в сравнении с обычными базами данных.

В данной работе рассматриваются выбор основных параметров оценки производительности СУБД и описан результат экспериментальных исследований сравнения eDirectory и FoxPro.

Служба eDirectory операционной системы (ОС) NetWare - это глобальная служба, использующая распределенную объектно-ориентированную СУБД сетевых ресурсов. Она содержит информацию обо всех сетевых ресурсах, включая информацию о пользователях, группах пользователей, принтерах, томах и

компьютерах, их адресах, правах доступа и т.д. NetWare использует эту информацию для обеспечения и контроля доступа к сетевым ресурсам.

Предварительный анализ показал, что служба eDirectory представляет собой эффективное решение для создания единого информационного пространства КИС и обладает рядом преимуществ по сравнению с подобными компонентами других операционных систем за счет:

- распределенности;
- реплицируемости;
- объектности;
- прозрачности;
- глобальности.

Объекты eDirectory организованы в иерархическую структуру, соответствующую структуре организации, и позволяют создавать новые объекты отражающие реальные информационные потоки и потребности разделения ресурсов реальной КИС.

Производительность СУБД является важнейшим фактором при выборе ее для реализации КИС, того или иного проекта [1, 2]. Для сравнения производительности СУБД наиболее важным критерием является скорость выполнения запросов [3, 4] к данным, которая зависит от физических характеристик сервера и структуры хранимой информации в СУБД.

Кроме того, предполагая, что производительность СУБД [7, 8, 14] будет также зависеть от объема (количества) хранимой в них информации, для проведения эксперимента разработан ряд опытов, в каждом из которых над данными выполняется одна из операций. Количество обрабатываемых объектов в каждом опыте принимали равным: 100, 1000, 5000, 25000, 50000, 100000.

Для повышения достоверности проведения экспериментальных исследований скорости выполнения отдельных операций каждый опыт (операция) над данными проводился по три раза.

В результате анализа практического опыта различных вариантов использования информации предлагается выделить операции поиска, обновления, добавления и удаления объектов. Таким образом, план проведения эксперимента был построен на базе оценки скорости выполнения следующих операций:

- добавление объектов при различном количестве объектов БД;
- поиск объекта при различном количестве объектов БД;
- поиск объекта по маске при различном количестве объектов БД;
- обновление одного объекта при различном количестве объектов БД;
- обновление 10% объектов при различном количестве объектов БД;
- удаление одного объекта при различном количестве объектов БД;
- удаление 50% объектов при различном количестве объектов БД;
- удаление всех объектов при различном количестве объектов БД;
- удаление группы объектов (подразделение) при различном количестве объектов БД.

Для проведения сравнительной оценки производительности были выбраны две СУБД, объектная (eDirectory) и реляционная (Visual FoxPro 9.0).

Однако в результате анализа было установлено, что эти СУБД имеют различную структуру. Тогда, для получения максимально точных и соответствующих результатов эксперимента проведен предварительный анализ объектов eDirectory, и в качестве экспериментальной информационной структуры БД был выбран объект User содержащий большое количество свойств [5, 10, 15]. Для получения точного соответствия разработана модель базы данных для СУБД Visual FoxPro 9.0 (рис. 1), в основе которой лежит структура данного объекта, обладающего набором свойств широко используемыми при организации досту-

па пользователей к ресурсам предоставляемых ОС Novell NetWare [11, 9]. При этом, для создания БД в Visual FoxPro 9.0 использовались не все свойства объекта User в eDirectory, а только те которые удовлетворяют критерию совместимости данных с Visual FoxPro 9.0, в связи с чем, получен набор полей в полной мере эмулирующий объект User и его свойства.

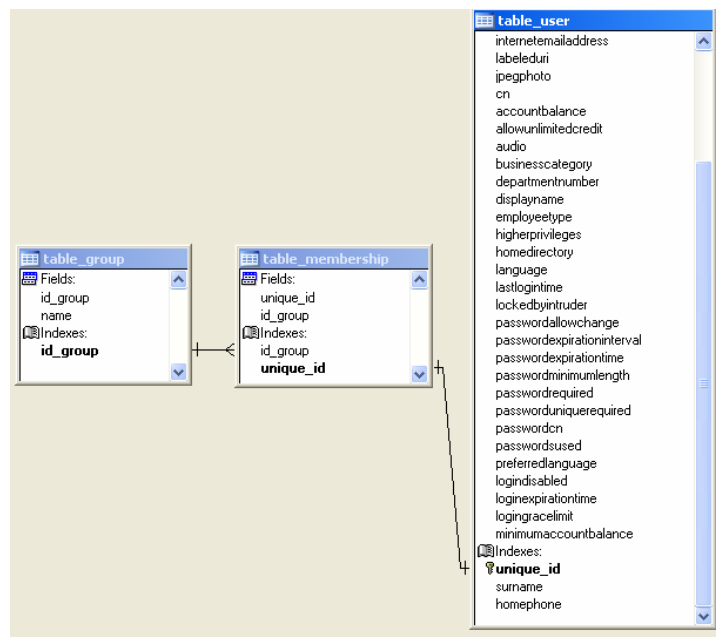


Рис 1. Инфологическая модель базы данных для СУБД FoxPro 9.0

При проведении эксперимента для получения наиболее достоверных результатов, тестирование СУБД производилось на машинах с одинаковой конфигурацией (Intel Celeron 2,67GHz/512Mb / 80.0Gb / 1.44 / SVGA-64Mb / sound / LAN).

Для получения численного значения времени выполнения каждой операции над объектами СУБД, разработан ряд программных модулей, реализующих возможности изменения данных находящихся в СУБД. Внешний вид одного из модулей для реализации эксперимента с СУБД FoxPro 9.0, разработанного при помощи конструктора форм Visual FoxPro 9.0 представлен на рисунке .2. Дополнительно были созданы модули для предварительного заполнения БД необходимым количеством объектов или записей.

Выполнив поставленные по плану эксперимента опыты и получив тестовые результаты, а так же рассчитав средние значения, вычисленные по формуле

$$Cp_{\text{знач.}} = \frac{\text{знач.}\#1 + \text{знач.}\#2 + \text{знач.}\#3}{3}$$
 [6, 12] были получены результаты, представленные в таблице 1 и 2.

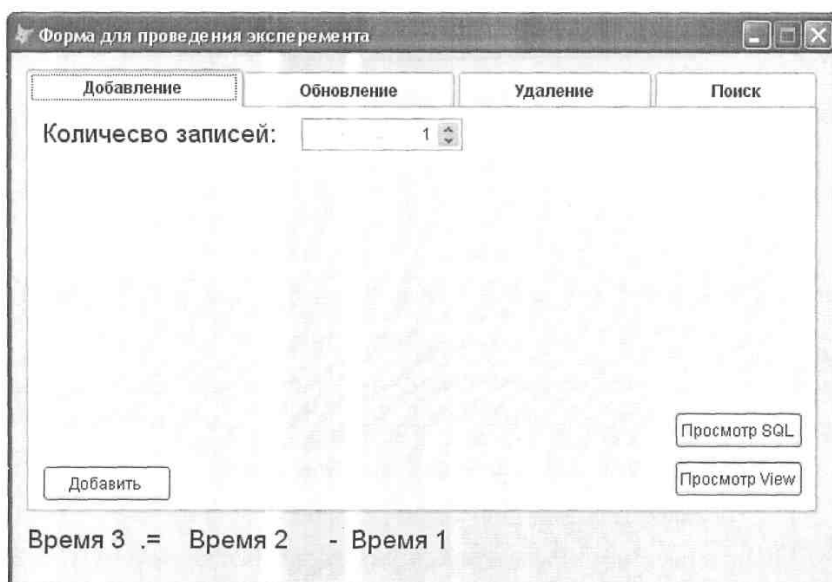


Рис. 2. Окно приложения «Форма для проведения эксперимента»

Т а б л и ц а 1

Средние значения времени выполнения операций для СУБД FoxPro 9.0 (сек.)

Название опыта (среднее)	Количество обрабатываемых записей в таблицах					
	100	1000	5000	25000	50000	100000
Добавление записей	1,650	15,399	79,102	377,866	733,728	1796,636
Поиск (кон. инд.)	0,023	0,024	0,023	0,026	0,029	0,057
Поиск (кон.)	0,026	0,059	0,207	0,935	2,541	6,580
Поиск (по маске инд.)	0,027	0,069	0,237	1,259	2,519	4,556
Поиск (по маске)	0,029	0,061	0,225	0,915	1,861	3,616
Поиск по № группы	0,027	0,040	0,066	0,169	1,154	2,508
Поиск по названию группы	0,004	0,006	0,015	0,064	0,092	0,167
Поиск по названию группы по маске	0,029	0,041	0,229	0,948	1,970	4,189
Обновление 1-го польз. по инд. Полю	0,027	0,029	0,029	0,031	0,030	0,045
Обновление 1-го пользователя	0,024	0,030	0,027	0,027	0,029	0,027
Обновление 10 % пользователей по инд. Полю	0,025	0,204	1,022	5,143	10,988	21,909
Обновление 10 % пользователей	0,023	0,171	0,832	4,289	8,676	16,621
Удаление 1-го пользователя	0,027	0,034	0,034	0,037	0,037	0,089
Удаление 50% пользователей	0,496	4,547	23,577	124,679	243,696	484,297
Удаление всех пользователей	0,967	10,096	54,625	251,142	682,199	1106,247
Удаление группы пользователей	0,045	0,075	0,261	1,153	2,193	5,038

Средние значения времени выполнения операций для СУБД NDS eDirectory (сек.)

Название опыта (среднее)	Количество обрабатываемых записей в таблицах					
	100	1000	5000	25000	50000	100000
Добавление объектов	4,99	48,44	235,03	1175,09	2350,25	3690,53
Поиск объектов	0,03	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04
Поиск объектов по маске	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04
Поиск по названию подразделения	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
Поиск по названию подразделения по маске	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04
Обновление 1-го объекта	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
Обновление 10 % объектов	0,09	0,64	3,60	19,07	32,63	68,80
Удаление 1-го объекта	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02
Удаление 50% объектов	0,48	4,58	24,14	122,14	244,25	488,68
Удаление всех объектов	0,88	8,25	48,88	244,64	489,79	979,06
Удаление подразделения	0,03	0,08	0,42	2,11	4,19	8,38

В результате анализа полученных данных, выяснено, что для СУБД FoxPro самой быстрой оказалась операция «поиск записей по индексному значению». При чем на диапазоне от 100 до 25000 записей более быстрой является операция «поиск записей по конкретному индексному значению», а самой медленной - операция «добавления записей». Время добавления 100000 записей составило 1796, 636 с. что составляет примерно 30 минут. Так же было установлено, что операция «обновление записей не по индексированному полю», работает быстрее операции «обновление записей по индексному полю» на 0, 003 – 0,018 с. в диапазоне от 100 до 100000.записей

Анализ работы СУБД eDirectory показал, что среди всех операций самой медленной операцией является «добавление», время добавления 100000 записей осуществляется за 3690,53 с. Затем идет операция «удаления», скорость обработки которой уменьшается на диапазоне от 25000 до 50000, а зетам снова увеличивается. Самой быстрой в этой СУБД является операция поиска, особенностью которой состоит в отсутствии зависимости времени обработки данных от объема БД. Скорость обработки информации в диапазоне от 100 до 100000 записей осуществляется от 0,03 – 0,04 с. в зависимости от типа поиска.

Таким образом, на основкании комплексной оценки установлено, что проанализированные СУБД приблизительно равноценны по производительности. Отдельные операции (например «добавление») выполняются быстрее в FoxPro 9.0 в среднем в 3 раза, с другой стороны, в NDS eDirectory быстрее выполняется операция «поиск» не зависящая от объема информации в СУБД.

Однако, анализ особенностей eDirectory (объектная БД, интегрирована в ядро ОС, встроенный контроль доступа, интеграция всех объектов, прозрачность, репликация, встроенная синхронизация и т.д.) позволяет сделать предположение, что данная СУБД обладает достаточной производительностью и является перспективным решением для создания корпоративной информационной системы с единым информационным пространством.

Л и т е р а т у р а

1. Базиян, Менахем и др. Б 19. Использование FoxPro 6. Специальное издание., Пер. с агл., «Вильяме» Москва, 2003. 928 с.
2. Мулина Т. В., Пушенко В. А., Visual FoxPro 7.0., «Бином – пресс» Москва, 2004. 400 с.
3. Омельченко Л., Шевякова Д., Самоучитель Visual FoxPro 9.0., издательство ВНУ – Петербург., 2005. 602 с.
4. Клепинин В. Б., Агафонова Т. П., Visual FoxPro 9.0., ВНУ Петербург, 2007. 1216с.
5. Лебедев А.Н., Visual FoxPro 9, «НТ Пресс», 2005 г. 328 с.
6. Гусев В. А., Мордкович А. Г., Математика: Справочные материалы., Просвещение, 1988. 416 с.
7. Симонович С. В., Информатика. Базовый курс., Питер, 2000. 640 с.
8. Монкур Мишель Ж. Переход к Net Ware 4.1: модернизация сети и тесты для специалистов СNE . «Лори» Москва, 1997. 484с.
9. Д. Кларк, Записки Кларка. Администрирование NetWare 5.0 : Курс 560., «Лори» Москва, 2001. 224 с.
10. Д. Кларк., Эффективная работа с Novell NetWare 5., Питер, 2000. 496 с.
11. Хьюз Джефи Ф., Томас Блейер В., Руководство от Novell. Сети NetWare 5. «Вильяме» Москва, 1999. 960 с.
12. Щиголев Борис Михайлович., Математическая обработка наблюдений., «Государственное издательство физико - математической литературы». Москва, 1969. 344 с
13. Корн Г., Корн Т., Справочник по математике для научных работников и инженеров., "Лань", 2003, 831с.
14. Черняк А.А., Черняк Ж.А., Доманова Ю.А., Высшая математика на базе Mathcad: Общий курс., ВНУ Питер, 2004. 593с.
15. <http://novell.eureca.rU/6/1.html> - Novell Buyer's Guide - NDS eDirectory 8.5.

УДК 681.3.06

Гончарук О. П., Денисюк В. О.

АЛГОРИТМ ВІДОБРАЖЕННЯ ВОДНОЇ ПОВЕРХНІ

У статті запропоновано метод формування водної поверхні, особливість якого полягає в інтерактивному керуванні якістю зображення.

Вступ

При генерації реалістичних графічних зображень виникає потреба в моделюванні зображень навколишнього середовища, зокрема, поверхні води. Формування зображень водних поверхонь, широко поширене як при створенні анімаційних сцен, так і фотореалістичних зображень. Генерація зображень поверхні води є складною задачею, оскільки її вигляд і рух набувають різної форми. До алгоритмів формування зображень водних поверхонь висуваються як вимоги високої продуктивності, так і реалістичності.

Аналіз існуючих методів і постановка задачі

Одним із найпростіших методів генерації водних поверхонь оснований на використанні полігонів [1]. Для цього створюється скелетна модель із високою щільністю трикутників. Така полігональна модель задає поверхню води, збурення якої досягають за рахунок зміни структури скелетної моделі. При цьому хаотично змінюють положення вершин трикутників відповідно до законів коливання хвиль на поверхні води. Перевагою методу є простота реалізації, однак реаліс-

тичність відтворення водної поверхні є низькою та задовольняє обмежене коло користувачів. Крім того, метод потребує великих обсягів пам'яті.

Один із поширених методів формування водних поверхонь оснований на використанні текстур [2]. Для поверхні треба змінювати лише текстуру або декілька текстур. Для завдання хвиль із різною частотою, амплітудою, швидкістю й напрямом розповсюдження використовують декілька карт нормалі. Карты нормалі можуть бути створені дизайнером або побудовані, використовуючи формули для анімації вершин водної поверхні. Для спрощення зафарбовування додання текстуру виконується в спеціальну текстуру-накопичувач один раз для кожного кадра. Кількість проходів необхідних для цієї операції залежить від можливостей конкретного відеоприскорювача. Карта нормалі задається формулою

$$\vec{N} = \sum_i \vec{N}_i$$

Вона використовується для побудови вектора відображення в кожній точці поверхні згідно формули

$$\vec{N} = 2\vec{N} \cdot (\vec{V} \cdot \vec{N}) - \vec{V},$$

де \vec{V} - нормований вектор спостерігача. Вектори \vec{N} і \vec{V} повинні бути задані в локальній поверхні координат поверхні. Для перетворення з однієї системи координат в іншу використовують дотичні $B(x, y, t)$ і нормаль $N(x, y, t)$ до поверхні води. Отриманий вектор використовується для генерації текстури відображення. Текстури відображення та заломлення можуть бути як обраховані наперед, так і формуватися в кожному кадрі.

Для змішування отриманого зображення та заломлення використовуються наближені формули Френеля [3]

$$R(\alpha) = R(0) + (1 - R(0)) \cdot (1 - \cos(\alpha))^2,$$

де $R(0) = \frac{(n1 - n2)^2}{(n1 + n2)^2}$, $n1$ і $n2$ - коефіцієнти заломлення відповідних середовищ,

$$\cos(\alpha) = \vec{N} \cdot \vec{V}.$$

Перераховані методи достатньо прості, однак не забезпечують прийнятної реалістичності відтворення водної поверхні, що обумовлює розробку нових підходів.

Розробка алгоритмів формування водних поверхонь

Для досягнення більш вищої реалістичності пропонується метод формування водної поверхні з хвилями. суть якого полягає в апроксимації синусоїдальних функцій. За таким методом реалізуються два зовнішні моделювання - одне для геометричного хвилеподібного руху поверхні, друге - для малих хвиль на карті нормалі. Висота водної поверхні задається сумою простих періодичних хвиль із використанням синусоїд. Починають моделювання з додавання синусоїдальних функцій. Їх сума створює неперервну функцію, що описує висоту та зовнішню орієнтацію води. Наступним кроком є генерація карти нормалі для поверхні, стани якої беруться зі значень синусоїдальних функцій. Виводиться зображення через прості піксельні шейдери для виводу текстур. Використання карти нормалі для кожного кадру дозволяє обмеженому набору синусоїдальних хвиль рухатися незалежно, це забезпечує більший реалізм передачі зображення.

Для кожної хвилі необхідно задати параметри, які зображено на рисунку 1.

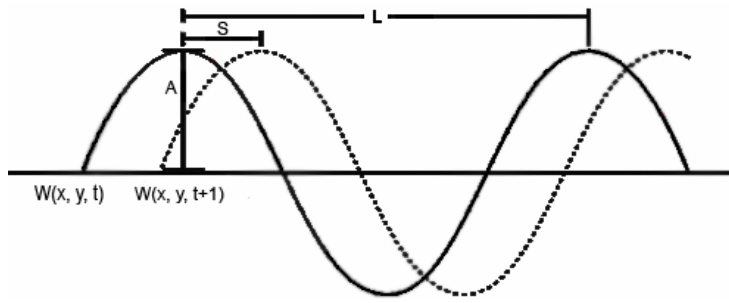


Рис.1. Параметри синусоїд

Це такі параметри: довжина хвилі, амплітуда, швидкість руху. Довжина хвилі (L) має частоту ω , де $\omega = 2\pi / L$. Амплітуда (A) – це висота від самої нижньої точки гребеня до гребеня хвилі. Швидкість (S) показує як зміщується гребінь за кожну секунду. Це зручно для зображення швидкості константи - фази φ , де $\varphi = S \times 2\pi / L$. Напрямок (D) – це горизонтальний перпендикулярний вектор уздовж якого переміщується гребінь хвилі. Потім визначається горизонтальна позиція кожної хвилі у визначений момент часу:

$$W_i(x, y, t) = A_i \times \sin(D_i(x, y) \times w_i + t \times \varphi_i)$$

Формула для формування зображення поверхні води має такий вигляд

$$H(x, y, t) = \sum (A_i \times \sin(D_i(x, y) \times w_i + t \times \varphi_i)),$$

де i – це номер хвилі.

Щоб динамічно генерувати зображення поверхні хвилі необхідно хаотично змінювати вищенаведені параметри. Оскільки ці параметри між собою взаємопов'язані, то треба створити певний набір комбінацій параметрів і змінювати вже набори комбінацій. У різних частинах зображення довжина хвилі може бути різною. Коли хвиля рухається, то її довжина не повинна змінюватися, бо зміна довжини хвилі під час руху призведе до артефактної втрати реалістичності відображення. Із часом хвиля поступово відмирає, тому змінювати довжину хвилі треба тільки тоді, коли хвиля знову народжується. Такий метод зручно використовувати для моделювання поверхонь із різним розміром та швидкістю переміщення хвиль.

При формуванні водних поверхонь важливо враховувати напрям вітру. За основну кількісну характеристику стану водяної поверхні при дії вітру. Як правило, використовують енергетичний спектр, який задається у вигляді

$$S(k, \varphi) = G(k) Q(k, \varphi), \quad S(k, \varphi) = G(k)Q(k, \varphi),$$

де k – скалярне хвильове число, φ – азимутальний кут, $G(k)$ – енергетична спектральна густина, $Q(k, \varphi)$ – функція направленості.

Функції $G(k)$ і $Q(k, \varphi)$ задовольняють відношенням

$$\int_0^{\infty} G(k)kdk = \langle \zeta^2 \rangle = \sigma_{\zeta}^2, \quad \int_0^{2\pi} Q(k, \varphi)d\varphi = 1.$$

Залежність висоти поверхні $\zeta(x, y, t)$ від координат в горизонтальній площині x, y і від часу t можна задати у вигляді суперпозиції ансамблю плоских хвиль (гармонік) з різними хвильовими числами k_l і випадковими фазами φ_m .

$$\zeta(x, y, t) = \sum_{l=1}^{N_k} \sum_{m=1}^{N_\varphi} A(k_l, \varphi_m) \cos[\omega(k_l)t - k_l x \cos \varphi_m - k_l y \sin \varphi_m + \psi_{lm}],$$

де $\omega(k) = \sqrt{gk}$ – дисперсійне відношення для гравітаційних хвиль на глибокій воді, ψ_{lm} – випадкове число, рівномірно розподілене на інтервалі $[0, 2\pi)$. Амплітуду гармонік пов'язано зі спектром відношенням

$$A(k_l, \varphi_m) = \sqrt{2S(k_l, \varphi_m)k_l \Delta k_l \Delta \varphi_m},$$

де $\Delta k_l = |k_l - k_{l+1}|$, $\Delta \varphi_m = |\varphi_m - \varphi_{m+1}|$. Аналогічно $\zeta(x, y, t)$ задаються і нахили поверхні $\zeta_x(x, y, t) = \partial \zeta / \partial x$, $\zeta_y(x, y, t) = \partial \zeta / \partial y$, у напрямку осі x та y відповідно:

$$\zeta_x(x, y, t) = \sum_l \sum_m A(k_l, \varphi_m) k_l \cos \varphi_m \cdot \sin[\omega(k_l)t - k_l x \cos \varphi_m - k_l y \sin \varphi_m + \psi_{lm}],$$

$$\zeta_y(x, y, t) = \sum_l \sum_m A(k_l, \varphi_m) k_l \sin \varphi_m \cdot \sin[\omega(k_l)t - k_l x \cos \varphi_m - k_l y \sin \varphi_m + \psi_{lm}]$$

На основі розглянутих фізичних принципів можна розробити алгоритм для моделювання зображення водної поверхні. Зображення поверхні води формується в растровому вигляді та представляє собою три двомірні масиви чисел у діапазоні $[0, 255]$, відповідно для червоної, зеленої і синьої складової кольору.

Щоб визначити параметри кадру необхідно задати число елементів (пікселів) зображення по горизонталі та вертикалі, кутові розміри кадру по горизонталі та вертикалі, центральний кут візування, висота точки візування. Щоб визначити кутові координати сонця треба знати азимут і його висоту над горизонтом. Метеопараметри задаються швидкістю та напрямком вітру, метеовидимістю, висотою аерозольного шару та показником Ангстрема. Для керування якістю зображення й часом розрахунку використовують різну кількість гармонік коливання вітру по модулю хвильового числа і азимутального кута. Суттєве значення для якості та часу розрахунку має спосіб розбиття діапазону хвильових чисел та вид проекції кадру (плоска або сферична).

Приклад формування зображення водної поверхні з використанням запропонованого методу наведено на рисунку 2.



Рис.2. Приклад формування водної поверхні

Висновок

У даній роботі було проаналізовано найпоширеніші методи моделювання зображень водної поверхні та розроблено новий метод для реалістичної генерації поверхні води, на яку падає світло. Запропонований метод дозволяє користувачу регулювати різні параметри, які впливають на візуальну якість отриманих зображень і на швидкість генерації кожного кадру.

Література

1. P. Lindstrom, D. Koller, W. Ribarsky, L. F. Hodges, N. Faust and G. A. Turner, Real-time, continuous level of detail rendering of height fields, In Proc. SIGGRAPH '96, pages 109-118, Aug. 1996.
2. Kurt Pelzer "Advanced Water Effects" ShaderX2 2004.
3. Зуев В. Е., Кабанов М. В. Оптика атмосферного аэрозоля (Сер. "Современные проблемы атмосферной оптики, т. 4). Л.: Гидрометеиздат, 1987, 254 с.
4. Калютов А.В. Введение в фото реалистическую графику. — СПб.: Политехника, 2006.—118с.:ил.
5. Pierson, W.J., Moskovitz, L. A proposed spectral form for fully - developed wind seas based on the similarity theory of S.A. Kitaygorodsky. J. Geophys. res., 1964, v. 69, No 24, pp. 518-519.

УДК 656.22 (477)

Короп Г. В.

ОПТИМІЗАЦІЯ МАНЕВРОВОЇ РОБОТИ НА ПРОМИСЛОВОМУ ТРАНСПОРТІ

Запропонована та проаналізована математична модель, принципи її функціонування, оптимізація та розрахунок процесу переформування рухомого складу в умовах промислового підприємства. Мал. 1. Джер.4.

Значна частина фінансових коштів, що витрачаються залізничним транспортом підприємства, іде на оплату використання вагонами зовнішньої мережі, зокрема вагонами «Укрзалізниці» або приватних операторських компаній. Тому питання зниження термінів обігу вагонів підприємством, і, як наслідок цього, зниження транспортних витрат, на сьогоднішній день залишається актуальним. Виходячи з цього, перед наукою стоять такі завдання:

- до мінімуму скоротити між операційний простій з моменту надходження вагонів до підприємства до моменту їх здачі залізниці;
- регулювати інтенсивність обробки під'їзних колій згідно з темпами виконання вантажних операцій з подаваннями;
- розподілити вагони таким чином, щоб без марних маневрових пересувань встановлювати їх точно на фронти навантажування та вивантажування.

Оперативне та оптимальне рішення цих завдань значною мірою залежить від кваліфікації та досвіду тих, хто створює та формує передаточні потяги і багатогрупні подавання. Але навіть найдосвідчений працівник обмежується формуванням складу з 7-10 груп.

Іноді виникає необхідність підборки вагонів з 20-30 та більше груп. Тому пропонується модель оптимізації за часом процесів сортування багатогрупного складу, яка базується на методі комбінаторної розстановки вагонів. Таким чином, необхідно за найменшу кількість сортирувань переформувати поданий склад у

багатогрупний, призначений для почергового розвозу вагонів на вантажні фронти.

Цільова функція для цієї задачі має наступний вигляд:

$$r = f(L_{pk}; q; K_z; n_{s(i)}; A; N_s) \rightarrow \min \quad (1)$$

де P_α – фактична ємність колії α ;

q – кількість груп, що формуються, чи задана послідовність складу;

m_α – кількість вільних сортувальних колій;

$n_{s(i)}$ – кількість вагонів у i -й групі;

A – список вагонів у маневровому складі;

Q – кількість вагонів у складі.

Під багатогрупним складом прийнято сприймати вагони, що надійшли на підприємство у складі та розташовані у вільному порядку за адресою більш ніж за одним місцем призначення. Процес розформування складу на паркових коліях методом осаджування включає наступні елементи:

- полурейс у бік колій формування;

- відцепка вагонів на колії;

- полурейс витягування вагонів з парку чи виставкових колій.

Два полурейса осаджування та витягування назвемо сортуванням $r=1$;

$r \in R$, де R – сумарна кількість сортувань, необхідна для переформування поданого складу, заданої конфігурації.

У свою чергу сортування поділяються на два типи: R_c – кількість власне сортувань; R_n – кількість перестановок складу.

У математичній інтерпретації з урахуванням названих визначень, задача зводиться до того, щоб на множині цілих чисел знайти таку перестановку n елементів, яка відобразить множину A у лінійно впорядковану множину, причому множина A_n може бути впорядкована або за зменшенням, або за зростанням, а кількість трапспозицій (сортувань), які призводять A до A_n , має бути найменшою.

Втілити задачу можна за наявності таких умов зі зменшення числа сортувань: $2 < m < q$.

Встановлено, що раціональне число сортувань колій m , виділених для формування багатогрупного складу, спільне число сортувань R_1 , кількість груп K_α , спрямованих на кожну з колій при першому рейсі, залежить від числа груп у складі Q , а саме:

$$m = \left[\frac{1}{2} \sqrt{8q + 1} \right] \quad (2)$$

$$R = m_1 + 1 \quad (3)$$

$$K_\alpha = m - \alpha + 1 \text{ при } \alpha = \overline{1, m} \quad (4)$$

Позначимо через j порядковий номер (за старшинством) групи вагонів, спрямованих у процесі першого сортування до α -ої колії, тоді номер цих груп $(a_{\alpha j})$ розраховується за формулою:

$$a_{\alpha j} = \frac{1}{2} [\alpha(\alpha - 1 + 2j\gamma) + (j - 1) * (j - 2)J] + 1 \quad (5)$$

де $j=1$ при $j>1$ $j=0$, при $j=1$, $j = \overline{1, k_\alpha}$

Таким чином, за результатами розрахунків номерів груп визначається стратегія їх розстановки за кожною з m_1 колій при першому сортуванні. За наступних (R_1-1) маневрів повторно сортуються один раз вагони однієї групи за старшинством номерів на кожній з колій, що залишилися, крім звільненої від вагонів. При цьому групи від повторних сортувань спрямовуються до колій формування багатогрупного складу.

Сумарне число переработок груп вагонів при реалізації цієї стратегії визначається за виразом:

$$p_j = \left[0,5\sqrt{8q+1} \right]^2 + q \quad (6)$$

У виразах (2) и (6) квадратні дужки означають цілу частину числа.

Формалізуємо математичну модель і виражаємо її у вигляді алгоритму.

Для цього необхідно ввести додаткові означення:

q -кількість груп формування (дано);

α -номер колії $(\overline{1, m})$;

K_α -число груп формування на колії номер α ;

$a_{\alpha j}$ -номер групи, яка формується на колії α ; $j = \overline{1, K_\alpha}$;

A – матриця номерів формування, елементами якої є $a_{\alpha j}$;

$$A = \begin{pmatrix} a_{1,1} \dots a_{1,k_1} \\ \dots \dots \dots \\ a_{m,1} \dots a_{m,k_m} \end{pmatrix}$$

m_0 -кількість вільних колій;

Q - кількість вагонів у подачі;

T_α -число вагонів, які формуються на колії α ;

$P_{\alpha\alpha}$ -число місць, вільних на колії α (в вагонах) ;

P_α -корисна довжина (у вагонах) колії α ;

V_i -вагон у подаванні під номером i ;

K_T - число вагонів при локомотиві (не розставлених), чи після витяжки;

α_{n_T} - колія призначення вагону;

$N_{обр_n}$ - номер обробленої колії (на поточний момент; основний цикл);

N_x – номер групи формування поточного вагону;

N_p – номер поточної колії.

При створенні алгоритму на 1-му етапі необхідно зробити підрахунок потрібного числа вільних колій залежно від кількості груп формування;

- на 2-му проводиться перевірка на наявність необхідного числа вільних колій;

- на 3-му – формується блок початкової інформації, необхідної для сортировки.

Після чого проводиться підрахунок для кожної колії (від 1 до m) кількості груп вагонів, які формуються на ньому (K_{N_p}). Номера цих груп ($a_{n_p j}$); кількості вагонів у подаванні, які необхідно розташувати на поточній колії (T_{N_p}). Після чого робиться перевірка на місткість групи вагонів на колії формування (за отриманими даними);

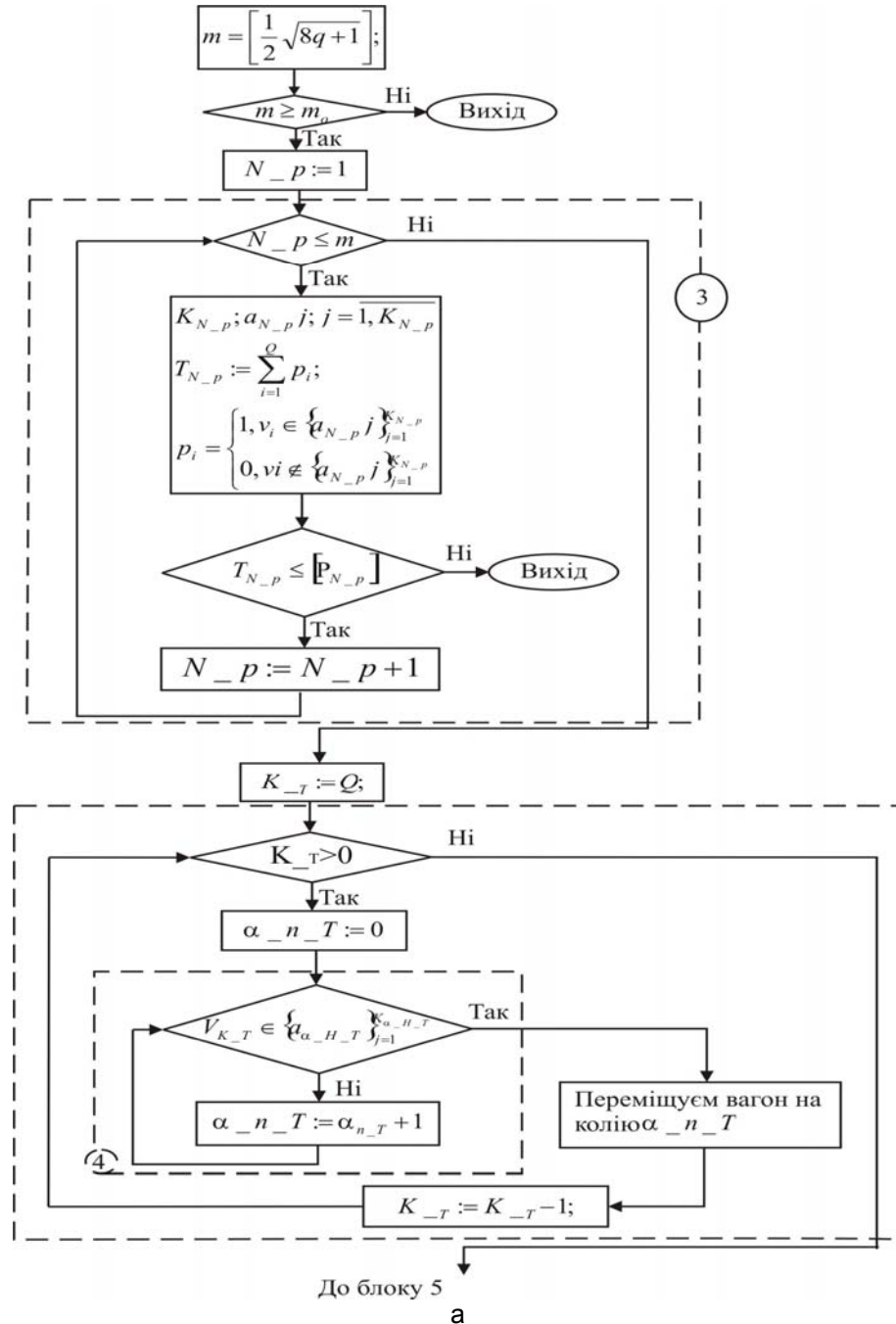
- 4-й етап являє собою пошук колії, на яку треба розмістити вагон із поточної групи;

- на 5-му проводиться первісне розташування вагонів по коліям;

- на 6-му перевіряється, чи є ще вагони при локомотиві після витяжки з чергової колії;

- на 7-му визначається, до якої групи формування входить поточний вагон;

- на 8-му проводиться пошук номеру колії, де вже знаходиться група з номером формування на 1 менше, ніж у поточному вагоні;
- на 9-му перевіряється, чи є ще місце під 1 вагон на тій колії, куди слід перевезти поточний вагон, що обробляється;
- на 10-му рівні здійснюється перевірка на те, чи оброблялася остання колія. Якщо так, то, обробивши її, отримуємо на колію №1 сформовану послідовність. Збільшена блок-схема представлена на рис. 1.



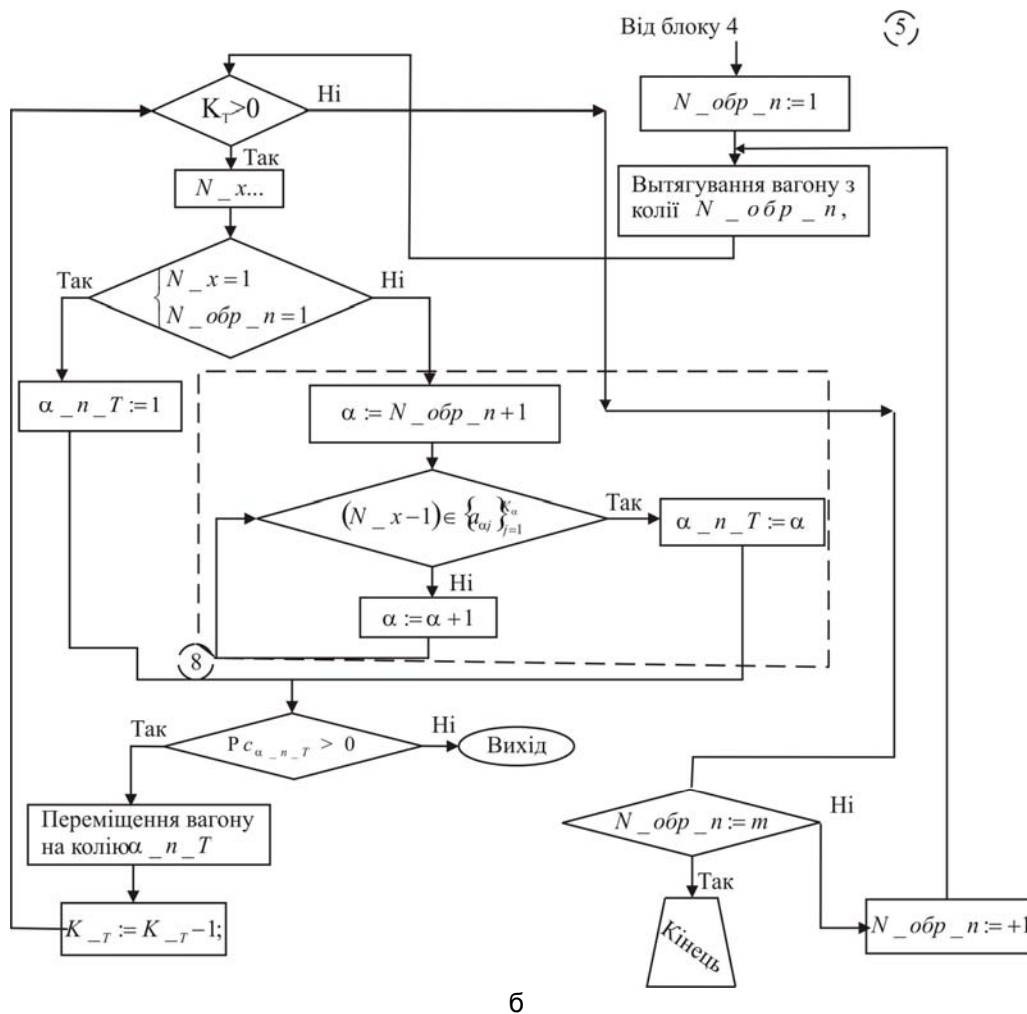


Рис.1. Збільшена блок схема моделі оптимізації маневрової роботи

Л і т е р а т у р а

1. Автоматизация работы сортировочных станций./Под общей редакцией Г. И. Осипенко и Бернардо дел. Рио.-М.: Транспорт. 1964- 175 с.
2. Абрамов С. А. Основы построения автоматизированной системы управления железнодорожным транспортом (АСУЖТ): Учеб. пособие - М. : МИИТ, 1981.- 93 с. : ил.; 20 с.
3. Автоматизированные информационные системы на железнодорожных станциях / под ред Е. М. Шафит и др. - Днепропетровск : ДИИТ, 1986. - 119с: ил.;20 с
4. Гончаров Н.Е. Казанцев В.П. «Маневровая работа на железнодорожном транспорте» М транспорт 1978 г. 186с.

Романюк О.Н.

МЕТОД ПРИСКОРЕНОГО ЗАФАРБОВУВАННЯ ТРИВИМІРНИХ ПОВЕРХОНЬ З УРАХУВАННЯМ ЇХ ЛОКАЛЬНОЇ КРИВИЗНИ

Запропоновано і досліджено метод зафарбовування, оснований на різних методах обчислення складових компонент кольору.

Вступ

Тривимірні графічні зображення претендують стати основним носієм інформації у засобах оброблення інформації, оскільки характеризуються високим ступенем інформативності та реалістичності, відтворюють найбільш вагомі аспекти процесу або явища, передають конструктивні, візуальні та образотворчі особливості об'єктів. Формування просторових зображень є складним обчислювальним процесом. Це обумовлено багатоетапністю і трудомісткістю геометричних перетворень, використання складних моделей освітлення та зафарбовування, відображення текстури й навколишнього середовища, а також методів усунення артефактів, що виникають через дискретну природу пристроїв виводу зображень.

Продуктивність формування графічної інформації є важливим чинником, що впливає на ефективність роботи графічних підсистем і визначається як повнотою реалізації графічних функцій так і ефективністю реалізації алгоритмів обробки інформації при організації графічного виводу. На сучасному етапі розвитку тривимірної графіки гостро ставиться питання про формування динамічних графічних зображень у реальному часі і в інтерактивному режимі. В останньому випадку передбачається, що траєкторії руху об'єктів не задано заздалегідь, а визначаються діями користувача в процесі взаємодії із системою. Візуалізація тривимірних сцен у реальному часі обумовлює високі вимоги до методів і засобів формування тривимірних графічних сцен, що породжує проблему підвищення їх продуктивності.

Аналіз базового методу і постановка задачі

Серед реалістичних методів зафарбовування тривимірних об'єктів найбільшого поширення отримав метод Фонга [1-3]. Згідно з методом Фонга виконуються такі дії.

1. У вершинах трикутника знаходять вектори нормалей, які визначають локальну кривизну поверхні.

2. Знаходять вектори нормалей для кожної точки поверхні, обмеженої трикутником, для чого вихідні вектори нормалей лінійно інтерполюють вздовж ребер і рядків сканування.

2. Після знаходження векторів нормалей виконують їх нормалізацію.

3. За значеннями одиничних векторів нормалей у кожній точці поверхні розраховують інтенсивність кольору. При цьому враховуються також оптичні властивості матеріалу поверхні та взаємне розташування джерела світла та спостерігача. Формули для розрахунку інтенсивності визначаються вибраною моделлю освітлення.

У роботі [2] розглянуто визначення нормованих векторів нормалей у точках рядка растеризації, отриманих його послідовним поділом пополам.

Якщо, \vec{N}_a , \vec{N}_b відповідно початковий та кінцевий вектор рядка растеризації ab (ребра трикутника), а кут між ними дорівнює ψ , то вектор $\vec{N}_{(1/2)}$, який розміщено у точці $x = \frac{ab}{2}$, можна знайти за формулою

$$\vec{N}_{(1/2)} = \frac{\vec{N}_a + \vec{N}_b}{\sqrt{2(1 + \cos \psi)}} = \frac{\vec{N}_a + \vec{N}_b}{z_{(1/2)}}, \text{ де } z_{(1/2)} = \sqrt{2(1 + \cos \psi)}.$$

Доведено [2], що $z_{(1/2^{n+1})} = \sqrt{2 + z_{(1/2^n)}}$, а

$$\vec{N}_{(1/2^{n+1})} = \frac{\vec{N}_a + \vec{N}_{(1/2^n)}}{\sqrt{2 + z_{(1/2^n)}}},$$

де знаменник у позначенні $(1/2^n)$ означає кількість сегментів, які отримано на n -ітерації при послідовному поділі навпіл сегментів рядка растеризації, за умови, що при $n = 0$ сегмент дорівнює рядку растеризації. Показано, що при такому підході при визначенні векторів нормалей у внутрішніх точках сегмента довжиною 2^k зменшується обсяг обчислень за рахунок виключення з обчислювального процесу $3 \cdot (2^k - 2) - 3$ операцій множення.

Основна перешкода до широкого впровадження методу Фонга в графічні акселератори пов'язана з великим обсягом обчислень, оскільки для кожної точки поверхні необхідно обчислити вектор нормалі \vec{N} до поверхні, вектор напрямку світла \vec{L} , вектор, їх нормалізувати, знайти скалярні добутки $\vec{N} \cdot \vec{H}$, $\vec{N} \cdot \vec{L}$ і обчислити інтенсивність кольору згідно функції тонування [3]

$$I = I_a \cdot k_a + I(k_d \cdot \vec{N} \cdot \vec{L} + k_s \cdot (\vec{N} \cdot \vec{H})^n),$$

де k_a, k_d, k_s - відповідно коефіцієнти розсіяного, спекулярного та дифузного відбиття, n - коефіцієнт спекулярності поверхні, \vec{N} , \vec{L} , \vec{H} - відповідно вектор нормалі до поверхні, вектор спостерігача та серединний вектор. Слід зазначити, що всі вектори, які використовуються у функції тонування, повинні бути нормалізовані.

Автором для підвищення продуктивності формування тривимірних об'єктів запропоновано комбіновано використовувати різні методи зафарбовування [1,2]. Одним із найбільш простих підходів до комбінованого використання різних методів зафарбовування полягає в тому, що з урахуванням кривизни поверхні, її матеріалу, позицій джерел світла та спостерігача, співвідношення складових кольору визначається його інтенсивність у виділених точках поверхні, а проміжні значення між ними розраховуються з використанням інтерполювання. При адитивному виборі розмірів цифрових сегментів забезпечується керований компроміс між швидкістю формування графічного зображення та його якістю.

Якщо розміри цифрових сегментів вибрати рівними степені двійки, то обчислення значно спрощуються, оскільки ділення й множення на операнд, який дорівнює степені двійки, еквівалентні зсуву відповідно в сторону молодших і старших розрядів.

Розробка та дослідження методу зафарбовування

Розглянемо один із можливих підходів до комбінованого використання різних методів зафарбовування. Для цього розіб'ємо рядки растеризації трикутника на цифрові сегменти довжиною 2^k і знайдемо точні значення інтенсивностей кольору в його граничних точках. По отриманих значеннях шляхом лінійного інтерполювання обчислимо інтенсивності кольору у внутрішніх точках сегментів.

Якщо рядок растеризації має довжину $(x_B - x_A)$, то приріст вектора нормалі можна знайти згідно виразу $\Delta \vec{N}_{AB} = \frac{\vec{N}_B - \vec{N}_A}{x_B - x_A}$, де \vec{N}_A і \vec{N}_B - вектори нормалей відповідно в лівій і правій точках растеризації. Для цифрових сегментів довжиною 2^k цей приріст дорівнює $\Delta \vec{N} = \Delta \vec{N}_{AB} \cdot 2^k = (\vec{N}_B - \vec{N}_A) \frac{2^k}{x_B - x_A}$.

Шляхом кодової лінійної інтерполяції легко знайти вектори нормалей у граничних точках цифрових сегментів. Так, наприклад, у кінцевій правій точці цифрового i -сегменту $\vec{N}_{p,i} = \vec{N}_{l,i} + \Delta \vec{N} \cdot 2^k$, де $\vec{N}_{l,i}$ - значення вектору нормалі в початковій точці сегменту. Очевидно, що множення в другому доданку можна замінити на нагромаджувальне додавання, тобто $\Delta \vec{N}_p \cdot 2^k = \sum_1^k \Delta \vec{N}_p$.

Розрахувавши вектор нормалі в точці i , можна знайти інтенсивність кольору у даній точці: $I_i = I_{amb} + I_d + I_s$, де I_{amb} - фонові складова, I_d - дифузійна складова, I_s - дзеркальна складова.

Якщо I_{p_i} та I_{l_i} - інтенсивності кольору в кінцевій та початковій точках i -того цифрового сегменту, розмір якого кратний степені двійки, то у довільній точці v цього сегменту, використовуючи кодове лінійне інтерполювання, можна знайти

$$I_{v_i} = I_{l_i} + \frac{I_{p_i} - I_{l_i}}{2^k} \cdot v.$$

Останній цифровий сегмент у рядку растеризації трикутника в загальному випадку має розмір, який менший або дорівнює 2^k (рис. 1).

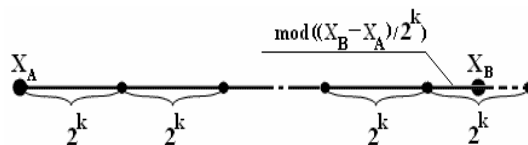


Рис.1. Розбиття рядка растеризації на цифрові сегменти

У цьому випадку розмір останнього сегменту умовно вважають рівним степені двійки, але розрахунки інтенсивностей кольору поточкових точок всередині сегменту виконують тільки до кінцевої точки рядка растеризації. Це забезпечує однорідність обчислення для всього рядка растеризації.

Якщо $k = 1$, то цифровий сегмент включає 3 точки, причому значення інтенсивності кольору в середній точці дорівнює середньому значенню інтенсивностей кольору в граничних точках.

Оцінимо похибку, яка буде мати місце при розрахунку дифузійної складової кольору порівняно з класичною реалізацією методу Фонга. Інтенсивність

дифузної складової кольору в крайніх лівій та правій точках сегмента знайдемо за формулами

$$I_{d_{l_i}} = k_d \cdot I \cdot \vec{N}_{l_i} \cdot \vec{L}, \quad I_{d_{p_i}} = k_d \cdot I \cdot \vec{N}_{p_i} \cdot \vec{L}.$$

Найменший кут між вектором \vec{L} і одним із проміжних векторів буде мати місце у випадку, коли площина, у якій лежить вектор \vec{L} , буде перпендикулярною до площини, утвореною векторами \vec{N}_{l_i} і \vec{N}_{p_i} , а проекція вектора \vec{L} на зазначену площину співпаде по напрямку з вектором $(\vec{N}_{l_i} + \vec{N}_{p_i})/2$ (максимально укорочений порівняно з відповідним нормованим вектором).

Точне значення дифузної складової кольору в середній точці цифрового сегменту дорівнює

$$k_d \cdot I \cdot \frac{\vec{N}_{l_i} + \vec{N}_{p_i}}{\sqrt{2(1 + \cos \xi)}} \cdot \vec{L} = \frac{I_{d_{l_i}} + I_{d_{p_i}}}{\sqrt{2(1 + \cos \xi)}},$$

де ξ - кут між векторами \vec{N}_{l_i} , \vec{N}_{p_i} . При використанні кодового лінійного інтерполювання між значеннями $I_{d_{l_i}}$ і $I_{d_{p_i}}$ у середній точці цифрового сегменту отримаємо таке значення інтенсивності дифузної складової кольору - $\frac{I_{d_{l_i}} + I_{d_{p_i}}}{2}$.

Максимально можливе значення абсолютної похибки дорівнює

$$\Delta_{max} = \frac{I_{d_{l_i}} + I_{d_{p_i}}}{\sqrt{2(1 + \cos \xi)}} - \frac{I_{d_{l_i}} + I_{d_{p_i}}}{2} = 2 \cdot Q_d \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{2 \cdot (1 + \cos \xi)}} - \frac{1}{2} \right).$$

Графік зміни максимальної абсолютної похибки від кута ξ зображено на рис. 2.

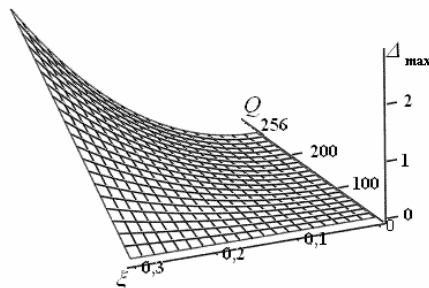


Рис. 2. Графік залежності Δ_{max} від кута ξ

Знайдемо максимальне значення відносної похибки

$$\delta_{max} = \frac{(I_{d_{l_i}} + I_{d_{p_i}}) \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{2 \cdot (1 + \cos \xi)}} - \frac{1}{2} \right)}{\frac{I_{d_{l_i}} + I_{d_{p_i}}}{\sqrt{2(1 + \cos \xi)}}} = \frac{2 - \sqrt{2 \cdot (1 + \cos \xi)}}{2} = 1 - \cos \frac{\xi}{2}.$$

На рис. 2 наведено графік зміни максимального значення відносної похибки δ від кута ξ .

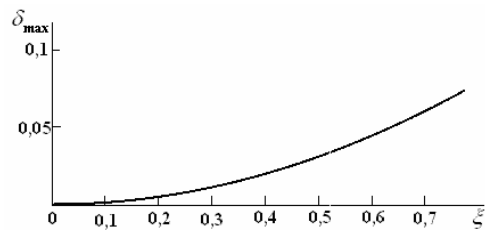


Рис. 3. Графік залежності δ_{max} від кута ξ

При визначенні спекулярної складової кольору

$$I_{s_{l_i}} = k_s \cdot I \cdot (\vec{N}_{l_i} \cdot \vec{H})^n, I_{s_{p_i}} = k_s \cdot I \cdot (\vec{N}_{p_i} \cdot \vec{H})^n.$$

Оскільки вектор \vec{H} перпендикулярний до площини, утвореною векторами \vec{N}_{l_i} і \vec{N}_{p_i} , і його проекція співпадає по напрямку з середнім вектором між зазначеними векторами, тому $\vec{N}_{l_i} \cdot \vec{H} = \vec{N}_{p_i} \cdot \vec{H} = Q$.

При використанні кодового лінійного інтерполювання у середній точці цифрового сегменту отримуємо таке значення спекулярної складової кольору

$$\frac{k_s \cdot I \cdot (\vec{N}_{l_i} \cdot \vec{H})^n + k_s \cdot I \cdot (\vec{N}_{p_i} \cdot \vec{H})^n}{2} = k_s \cdot I \cdot Q^n.$$

Точне значення спекулярної складової кольору у цій точці дорівнює

$$k_s \cdot I \cdot \left(\frac{\vec{N}_{l_i} + \vec{N}_{p_i}}{\sqrt{2(1 + \cos \xi)}} \cdot \vec{H} \right)^n = k_s \cdot I \cdot \frac{(2 \cdot Q)^n}{(\sqrt{2(1 + \cos \xi)})^n}.$$

Максимальне можливе значення відносної похибки дорівнює

$$\delta_{max} = \frac{k_s \cdot I \cdot \frac{(2 \cdot Q)^n}{(\sqrt{2(1 + \cos \xi)})^n} - k_s \cdot I \cdot Q^n}{k_s \cdot I \cdot \frac{(2 \cdot Q)^n}{(\sqrt{2(1 + \cos \xi)})^n}} = 1 - \frac{(\sqrt{2 \cdot (1 + \cos \xi)})^n}{2^n} = 1 - \cos^n \frac{\xi}{2}.$$

На рис. 4 наведено залежність δ_{max} від n і ξ

Аналіз показав, що для найбільш поширених матеріалів ($n \leq 100$) $\delta_{max} \leq 4\%$ при $\xi < 4^\circ$. Якщо сегмент має розмір 2^k , то при його поділі пополам отримуємо сегмент довжиною 2^{k-1} , причому середню точку сегмента буде розміщено у вузлі координатної решітки. Отримані сегменти знову мають розмір, кратний степені двійки, тому при бінарному поділі всі точки отриманих сегментів буде розміщено у вузлах координатної решітки. Це дає можливість ефективно використати для зафарбовування принцип дихотомії, запропонований в [2].

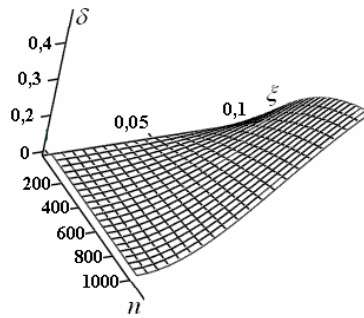


Рис. 4. Графік залежності δ_{max} від кута ξ і коефіцієнта спекулярності n

При такому підході вектори нормалей у початковій і кінцевій точках сегмента знаходять за методом Фонга, а у всіх інших – із використанням принципу дихотимії, причому вектори нормалей визначаються точно. У цьому випадку мова йде не про використання різних методів зафарбовування, а про комбіноване використання різних методів обчислення.

Якщо відомо вектори нормалей \vec{N}_{l_i} і \vec{N}_{p_i} відповідно в лівій та правій граничних точках цифрового сегменту, то

$$\vec{N}_{(\frac{1}{2^{n+1}})} = \frac{\vec{N}_a + \vec{N}_{\frac{1}{2^n}}}{\sqrt{2 + z_{2^n}}}$$

Дифузну складову кольору при послідовному поділі сегменту в сторону його лівої граничної точки можна знайти за формулою

$$I_{d(\frac{1}{2^{n+1}h})} = k_d \cdot I \cdot \vec{L} \cdot \frac{\vec{N}_{l_i} + \vec{N}_{(\frac{1}{2^n}h)}}{\sqrt{2 + z_{2^n}}} = \frac{I_{d_{l_i}} + I_{d(\frac{1}{2^n}h)}}{\sqrt{2 + z_{2^n}}}$$

Характерною особливістю останньої формули є використання значень інтенсивностей кольору в чисельнику, що спрощує розрахунки, оскільки при використанні векторів нормалей необхідно було б оперувати з його трьома ортогональними складовими.

Вибір розміру цифрового сегменту визначається щільністю триангуляційної мережі, роздільною здатністю дискретного координатного простору, а також вимогами до реалістичності і продуктивності формування графічних сцен.

Аналіз результатів

Аналіз показав, що при $k = 2$ досягається підвищення продуктивності при формуванні дифузної складової кольору в 1,3 раз, а при використанні запропонованої в виразу [2] $\frac{I}{\sqrt{2 + z_{2^n}}} \approx -0,07 \cdot z_{2^n} + 0,64$ - в 1,8 рази. При $k = 3$ ці цифри складають відповідно – 1,48, 2,09.

Висновки

Запропонований метод зафарбовування характеризується більш високою продуктивністю порівняно з класичною реалізацією методу Фонга і може бути реалізований в сучасних графічних відео картах.

Л і т е р а т у р а

1. Романюк О. Н. Високопродуктивні методи та засоби зафарбовування тривимірних графічних об'єктів. Монографія. / О. Н. Романюк, А. В. Чорний. —Вінниця: УНІВЕСУМ-Вінниця —2006. —190 с.
2. Романюк О.Н. Комбіноване використання бінарної та кодової лінійної інтерполяції для нормалізації векторів нормалей при зафарбовуванні тривимірних об'єктів // Вестник Херсонського національного технічного університету. —2006. —№25. —С. 408—411.
3. Херн Д., Павлин Бейкер М. Компьютерная графика и стандарт OpenGL. -М. : Издательский дом «Вильямс».2005.-1168 с.

УДК 330.47:004.415

Андросов В.И., Данич В.Н.

РОЛЬ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЕНЧЕСКИХ АРХИТЕКТУР В ОБЕСПЕЧЕНИИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ

В статье рассматриваются влияние на эффективность обеспечения экономической безопасности информационно-управленческих архитектур предприятий, приводятся причины интереса конкурентов к структуре предприятия, отмечается повышение эффективности защиты информации при использовании соответствующей структуры предприятия, отмечается рост влияния архитектуры предприятия на повышение эффективности его деятельности и конкурентоспособности

Постановка проблемы. Существует несколько определений понятия «экономическая безопасность». Первоначально понятие экономической безопасности рассматривалось как обеспечение условий сохранения коммерческой тайны и других секретов предприятия. Несколько позже возобладал другой подход к трактовке понятия экономической безопасности предприятия. Резкий спад производства в целом по стране, а главное — изменение экономических функций государства, которое уже не являлось основным инвестором и потребителем продукции, заставили посмотреть гораздо шире на проблему экономической безопасности предприятий. Согласно этому взгляду экономическая безопасность предприятия обусловлена влиянием внешней среды, которая в рыночной экономике все время изменяется, никогда не остается стабильной, постоянной или неизменной [4]. В данной работе акцент делается на оценку роли информационно-управленческой архитектуры (ИУА) предприятия в процессе обеспечения экономической безопасности предприятия.

Анализ последних достижений и публикаций. В данный момент ИУА предприятия не принято считать целесообразным объектом бизнес-разведки. Это может быть объяснено рядом причин.

Во-первых, связь между структурой предприятия и эффективностью его деятельности редко осознается. Нет и опыта работы с такой связью, восприятия ее существенности. Основная причина этому — период становления и развития большинства средних и крупных организаций приходится на время командной экономики, когда чаще всего работала цепочка «спрос → государство → предприятие → выпуск продукции». Т.е. управленческий аппарат предприятия был не более чем промежуточным звеном в процессе принятия производственных решений. Степень влияния государства различалась в зависимости от рода деятельности, но рыночный механизм управления производством, конкурентная борьба в рамках одной отрасли практически отсутствовали. Подобный механизм привел к унификации звена «управление предприятием» (так упрощался и даже делался возможным внешний контроль). Архитектура предприятий определялась нормативно.

Традиционная схема успешно функционировала во многом благодаря отсутствию доступа на внутренний рынок зарубежных предприятий. В таких условиях ИУА организации не представляла собой какой-либо ценности для бизнес-разведки, да и само понятие конкуренции не было актуальным для внутренних предприятий.

Формулировка целей статьи. Целью данной статьи является определение связи ИУА с эффективностью защиты коммерческой тайны на предприятии. Также рассматривается вопрос, могут ли структурные особенности организации конкурента представлять такой же интерес, как и его бизнес-процессы, непосредственно связанные с производством (работа с рецептурами, поставщиками, производственным оборудованием и т.п.)?

Изложение основного материала. С приходом рынка ситуация значительно изменилась. Главным детерминантом производства товара стал спрос. Государственное влияние в той мере, в которой оно было раньше, устранено. В современных условиях единственным фактором успешной работы предприятия является его возможность оперативно удовлетворять пользовательский спрос. На первый план выходит обратная ситуация: производственный процесс значительно унифицирован (особенно это касается производства товаров массового производства, пищевой продукции и т.п.) и потребности в бизнес разведке здесь практически нет. Конечно, остаются особенности производства, «ноу-хау», которые представляют значительный интерес для конкурентов, но они являются обычно лишь незначительными модификациями производственного процесса, которые относительно легко скрыть.

Здесь появляется первая причина заинтересованности конкурентов в информационно-управленческой архитектуре. Соккрытие производственной тайны наиболее эффективно реализовывать именно на уровне структуры предприятия. Выразаться это может по-разному: существование специального отдела безопасности (случай, когда имеет место большая важность скрываемой информации, или «ноу-хау» не носит компактного характера), наличие особых моделей данных, призванных повысить защиту. Первый вариант относится к управленческой архитектуре предприятия, второй – к информационной. В принципе эти методы могут существовать и по отдельности, вполне справляясь со своим предназначением, но максимальный эффект может быть получен только при эффективном взаимодействии перечисленных подходов. Так, являясь представителями разных «семейств», они, тем не менее, направлены на выполнения одной задачи.

При грамотном объединении методов может быть получен эффект синергии [2], взаимного усиления управленческих и информационных механизмов защиты информации, превышения простого суммарного результата.

Рассмотрим упрощенный пример реализации информационной системы предприятия, которая очень тесно связана с его управленческой архитектурой. В основе этой системы должна лежать база данных предприятия. Практически все современные СУБД предоставляют те или иные механизмы защиты информации. Наиболее развитые из них также дают широкие возможности построения моделей данных. Во-первых, это стандартные средства поддержания целостности данных (первичные ключи, внешние ключи, каскадное обновление данных, триггеры). Они содержатся практически в любой современной СУБД, а отсутствие той или иной функциональности чаще всего обусловлено лишь жесткими требованиями к скорости работы СУБД при заведомо известной относительной простоте данных (MySQL).

Мощные СУБД, специально предназначенные для создания корпоративных баз данных (Oracle, MS SQL Server, PostgreSQL), кроме обязательной под-

держки целостности информации, дают широкие возможности абстракции и изоляции данных. Последнее необходимо при построении информационной системы предприятия, адекватно отражающей его структуру. Наиболее общее средство абстракции данных (т.е. реализованное во многих СУБД) – это представления (view). По сути, это виртуальный объект базы данных, отражающий видение той или иной сущности конкретным пользователем или подразделением. Таким образом, пользователи работают не с физическими таблицами базы данных, а с некоторыми подмножествами информации (это может быть как подмножество полей одной таблицы, так и результат объединения нескольких таблиц) С помощью данного механизма достигается эффективное сокрытие данных при высокой степени прозрачности и целостности системы. Данное высказывание можно рассмотреть на следующем примере.

На предприятии, выпускающем пищевую продукцию, рецептуры являются производственной тайной, и доступ к ним ограничен определенным кругом людей (специальным отделом). Наиболее очевидным решением проблемы сокрытия информации здесь будет создание отдельной базы данных для учета производства, которая работала бы с информацией других отделов через определенный изолирующий интерфейс [1]. Однако существование нескольких баз данных в рамках одного предприятия хоть и вполне допустимо, но связано со значительными издержками, связанными с поддержанием целостности данных в масштабах всего предприятия. Последнее эффективно реализовать средствами СУБД будет очень трудно – скорее всего, нужно будет создавать специальные искусственные средства.

Рассмотрим и другое решение проблемы, основанное на использовании представлений. Имеется единая база данных предприятия, однако с физическими таблицами работают очень немногие пользователи (для довольно крупного предприятия можно даже утверждать, что напрямую с физическими таблицами не работает уже никто). Нужно подчеркнуть, что под физическими таблицами подразумеваются таблицы базы данных, они уже представляют высокоуровневую организацию информации, но в контексте рассматриваемой проблемы их удобно называть именно так. Итак, каждый отдел работает со своим представлением данных, при этом сотрудники отдела могут работать с собственными представлениями. Преимущество подхода очевидно

конечный пользователь работает только со «своим» представлением, не имея возможности узнать о существовании тех или иных тайных данных и даже получить самую общую информацию об их представлении (названия таблиц, полей, связи)

представления позволяют работать с привычными названиями полей и таблиц, которые могут существенно различаться в рамках одного предприятия для одной и той же сущности

несмотря на множество представлений, данные хранятся в одной базе, так что контроль над поддержанием целостности информации значительно упрощается

Вернемся к примеру рецептур. В базе данных фиксируются ингредиенты, затраченные на производство товаров. В этой информации нуждается отдел закупок. В то же время этот отдел не имеет доступа к информации о рецептурах и не находится на охраняемой территории предприятия. Если для получения статистики ему предоставить таблицу с затратами ингредиентов для каждого продукта, то это будет грозить утечкой информации (теоретически даже посторонний человек будет иметь доступ к данным о рецептах). Поэтому целесообразно этому отделу позволить работать с представлением, содержащим суммарные количества ингредиентов, не сообщая, что существует таблица с затратами по

каждому изделию. Такая модель позволит открыть доступ к этому представлению напрямую поставщикам продукции, чтобы они самостоятельно могли принимать решения о новых поставках.

Постороннему лицу для получения интересующих его данных нужно будет сначала узнать структуру базы данных, а этой информацией может не владеть никто на предприятии, кроме разработчика. Также, располагая паролями одних отделов, злоумышленник уже не сможет получить доступ к данным других подразделений. Здесь большую роль играет защита именно на уровне архитектуры предприятия. Т.е. структура предприятия должна обеспечивать максимально централизованную, компактную и защищенную методику доступа к секретной информации. Возвращаясь к примеру, работа с рецептурами должна быть сосредоточена в минимально возможном количестве отделов с повышенными требованиями к кадрам и дополнительными мерами безопасности (вход по пропускам, усложненные методы аутентификации пользователей). Также, возможно, следует создать специальный отдел безопасности для более эффективной изоляции секретных отделов. В любом случае, если архитектуре подобного предприятия не будет уделено достаточно внимания, то даже идеально спроектированная база данных с представлениями никак не будет содействовать сокрытию информации.

Использование представлений целесообразно не только для данных, но и для архитектуры предприятия [3]. Во-первых, такой подход повысит защиту ИУА, а, во-вторых, на порядок улучшит ее прозрачность и упростит сопровождение.

Рассмотрим возможный сценарий бизнес-разведки для данного примера. Конкурент задается целью получить рецептуры соперника. Конечно, здесь еще нужно рассмотреть степень законности данного мероприятия, однако в том, что случаи подобной деятельности бывают, сомнений нет. Получение доступа к корпоративной базе данных от имени открытых отделов не приводит к получению нужной информации. Следующий этап – разведка ИУА предприятия, т.е. выявление основных информационных потоков, отделов, располагающих нужными данными, отделов, ответственных за защиту и так далее. Только после разведки архитектуры предприятия можно начинать целенаправленную «охоту» за информацией.

Итак, грамотно сформированная архитектура предприятия может стать эффективным дополнительным уровнем защиты секретной информации, и в этом качестве она становится очевидным объектом бизнес-разведки. Здесь нужно остановиться на одном факте. Утверждается, что современное и эффективное предприятие должно иметь прозрачную ИУА. В данной же статье говорится о необходимости сокрытия информации о некоторых подразделениях, о создании изолирующих представлений. Это именно соответствует требованию прозрачности: секретные подструктуры предприятия совершенно прозрачны, в то время как типичные открытые отчетливо просматриваются (полупрозрачны), причем степень видимости подсистем различается в зависимости от статуса наблюдающего субъекта. Полная прозрачность нестандартных (или секретных) участков способствует формированию более понятной модели предприятия, достаточной для эффективного взаимодействия с внешними субъектами.

Использование представлений на самых различных уровнях организации предприятия (от ИУА до структуры данных) несет ряд преимуществ

- более эффективная защита конкурентной информации
- прозрачность архитектуры предприятия, повышение управляемости
- упрощение изменений в ИУА предприятия, гибкость

Формирование эффективных и полных представлений является достаточно сложной задачей, так как они требуют высокого уровня формализации данных о предприятии. Обобщение информации – долгий и кропотливый процесс, поэтому главной рекомендацией построения корпоративной системы, является модульность [3], т.е. разбиение на относительно простые составляющие. Представления являются естественным продолжением модульной концепции.

Рассмотрим еще одну причину возможного интереса к ИУА со стороны конкурентной разведки. Сейчас для повышения эффективности работы предприятия применяется не только совершенствование процесса производства, но и общей структуры организации. Данная практика широко и давно используется за рубежом, у нас же руководители только начинают осознавать необходимость изменений в информационно-управленческой структуре предприятия. Реорганизация архитектуры – сложный и трудно формализуемый процесс. А, учитывая новизну подобных работ для нашей страны, то еще и крайне опасный, так как предсказать результаты реорганизации фирмы практически невозможно. Для уменьшения рисков обращаются к специальным консалтинговым фирмам, которые располагают соответствующим опытом и могут помочь выбрать наименее болезненный путь развития. Подобные услуги сами по себе приводят к значительным затратам, кроме того, сам процесс реорганизации обходится недешево. Однако, при успешном завершении формирования оптимальной ИУА предприятия, выигрыш также будет значительным.

Отметим, что простое копирование внешнего представления архитектуры без уточнения ключевых фигур в бизнес-процессах может оказаться неэффективным. Так внешне структуры большинства отечественных предприятий очень похожи и на некоторых из них могут применяться такие нерадикальные оптимизации, как смена принимающего решения лица при сохранении за ним старой должности и т.п. Поэтому простого мониторинга архитектуры предприятия явно недостаточно – важно провести работы по выявлению ключевых должностей.

Интерес конкурентов к подобным процессам очевиден, ведь гораздо проще воспользоваться готовыми достижениями, не вкладывая значительных средств. Т.е. эффективная ИУА в наше время становится ценным товаром, который можно купить, продать или позаимствовать у конкурента. Способов заимствования несколько, причем это не обязательно должен быть шпионаж. Возможен мониторинг ИУА соперника или даже открытое сотрудничество с ним. Обмен опытом – один из самых эффективных методов бизнес-разведки и однозначно самый легальный и открытый. Особенную ценность подобное сотрудничество имеет в настоящее время, т.е. в начальный период становления нового подхода к организации предприятий, пока еще не накоплен достаточный для эффективной деятельности опыт.

В этом направлении можно условно выделить третий объект разведки – ИУА зарубежных предприятий. Эта область требует гораздо большей осторожности и продуманности, так как наказания за нелегальные методы здесь на порядок строже – это может быть расценено, как шпионаж в пользу другой страны. Здесь открытое сотрудничество является единственным более или менее безопасным способом получения информации. Пользу же ее трудно переоценить ввиду того, что за рубежом процессы оптимизации структуры предприятий были начаты намного раньше, чем в нашей стране, поэтому и результаты получены гораздо более серьезные.

Отдельно стоит вопрос разведки информационно-управленческих архитектур более сложных экономических образований – промышленных групп. Обычно они представляют собой большое количество предприятий, обяза-

тельно одной отрасли, принадлежащие одному собственнику. Структура управления подобными структурами тщательно скрывается, так как владелец не всегда желает афишировать себя, и, кроме того, скрытая архитектура делает организацию значительно более устойчивой к внешним деструктивным влияниям. Так, не располагая схемами основных управленческих механизмов невозможно значительно повлиять на систему или повредить ей. Сложные системы обычно имеют механизмы восстановления поврежденных звеньев, причем эффективность данной регенерации зависит от важности потерянного узла. Поэтому, скрыв ключевые контуры, система становится много более защищенной. Соответственно идентификация управленческой подсистемы в данном случае является первым этапом взаимодействия с целевой структурой.

Вывод. В настоящее время на первый план выходят вопросы совершенствования архитектуры организации и как следствие ее сокрытия от конкурентов. Бизнес-разведка ИУА является перспективной и в то же время недостаточно разработанной в нашей стране областью исследований, так как структура предприятия играет большую роль в повышении его конкурентоспособности и позволяет более эффективно защищать производственную тайну.

Л и т е р а т у р а

1. Андросов В.И. Бухгалтерский учет и защита информации на предприятиях с производственными процессами «ноу-хау»/ Андросов В.И., Данич В. Н. - Вестник ВУГУ, Луганск: Изд. ВУГУ, 2004, №11 (81). - с. 108-112
2. Данич В. Н. Синергизм управленческих и информационных структур в социальных системах. - Вестник ВУГУ, Луганск: Изд. ВУГУ, 2000, №3 (25). - с. 20-27
3. ISO/TC 184/SC 5/WG 1, ISO 15704 «Industrial automation systems — Requirements for enterprise-reference architectures and methodologies», 1999-08-20
4. Козаченко А.В. Экономическая безопасность предприятия: сущность и механизм обеспечения/ Козаченко А.В., Пономарев В.П., Ляшенко А.Н. - К.: Либра, 2003. - 280 с.

УДК 658.7; 519.874

Бизянов Е.Е., Подгорная Н.А.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СПРОСА В МОДЕЛЯХ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ

В статье рассматриваются различные методы прогнозирования спроса применительно к моделям управления запасами материальных ресурсов. Показано, что использование линейного тренда в случаях неравномерного спроса может давать большую погрешность. Предлагается для повышения точности прогноза использовать первую и вторую производные уровня запаса по времени.

В условиях рыночной экономики логистика, а в частности, управление запасами материальных ресурсов и товарно-материальных ценностей приобретает особый смысл. Как известно, оптимальное и рациональное управление запасами на предприятии позволяет экономить оборотные средства [1].

Практически все известные модели управления запасами [1, 2] определяют четыре основных параметра:

- точку заказа;
- величину текущего запаса;
- страховой запас;
- величину партии поставки.

Затраты на закупку ТМЦ зависят от специфики производства и могут составлять от нескольких процентов до нескольких десятков процентов от объема средств, затрачиваемых на производство продукции.

Основные проблемы, которые необходимо решать при управлении закупками, перечислены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

Проблемы при управлении потоками ТМЦ

Детерминированные факторы	Стохастические факторы
Ограниченность объема оборотных средств	Стабильность поставок
Ограниченная емкость складов	Проблемы с неликвидами
Дополнительные затраты на хранение ТМЦ	Аварийные ситуации
	Изменение цен на ТМЦ

Производственные запасы принято подразделять на текущие и страховые (гарантийные). Хотя и существуют приближенные способы определения нормативов текущих и страховых запасов, тем не менее, такое их разделение для реальных ситуаций лишено смысла. Если спрос или снабжение детерминированы, то страховой запас не нужен.

В задаче об управлении запасами принято выделять управляемые и неуправляемые (или частично управляемые) параметры. К управляемым параметрам относятся, например, объем заказанного продукта и момент выдачи заказа на заполнение запасов. Частично управляемыми параметрами являются: спрос на ТМЦ, система пополнения запасов, затраты на организацию снабжения, ограничения, которые накладываются на запасы и стратегия управления последними.

В задачах управления запасами встречаются разного рода ограничения, которые необходимо учитывать при составлении моделей. Ограничения могут быть по максимальному объему (массе или стоимости) текущего запаса, по средней стоимости запасов, по числу поставок в заданном интервале времени, по максимальному объему (массе или стоимости) отдельного снабжения и т.п.

На настоящий момент разработано достаточно большое количество моделей управления запасами. К ним относятся [1]:

- стоимостные модели, оперирующие стоимостью хранения запасов ТМЦ, учет и ухудшение параметров, а также их закупку;
- статические детерминированные модели, оперирующие понятиями норм запасов при известном спросе на ТМЦ;
- динамические детерминированные модели, учитывающие возможности изменения норм запасов, а также спроса на них;
- статические вероятностные модели, учитывающие изменение спроса на ТМЦ по заранее предопределенному закону с коррекцией на возможные случайные факторы;
- динамические вероятностные модели, учитывающие дисконт-фактор для разных периодов планирования.

Кроме того, в логистике для ранжирования запасов ТМЦ используют ABC-анализ, позволяющий разделить запасы по важности и стоимости.

На рисунке 1 показаны возможные законы изменения запаса во времени.

На рисунке 2 показаны линейные аппроксимации кривых уровня запаса, приведенных на рисунке 1.

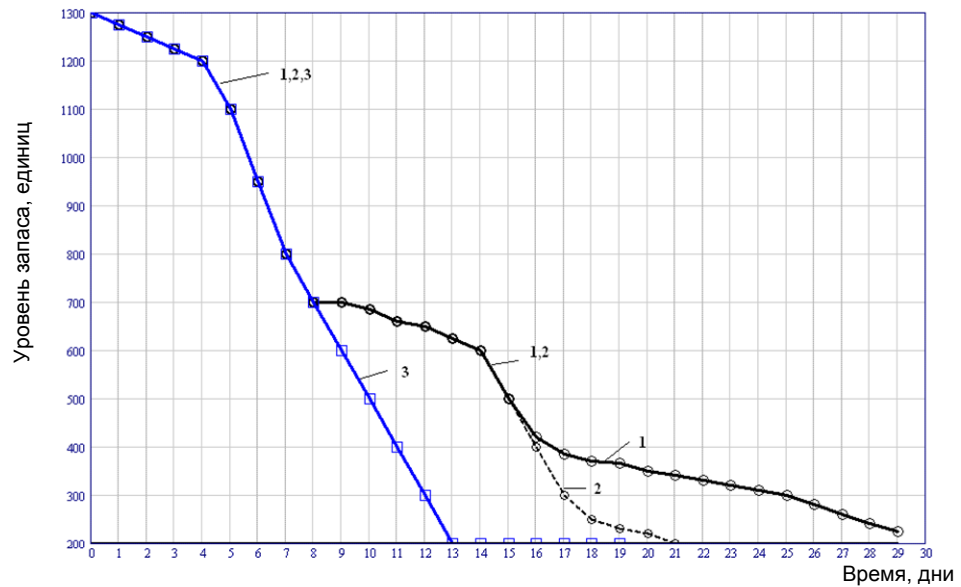


Рис.1. Изменение запаса ресурса во времени
 1, 2 - неравномерный спрос с различной скоростью изменения во времени;
 3 – спрос с высокой скоростью нарастания во времени, близкий к равномерному

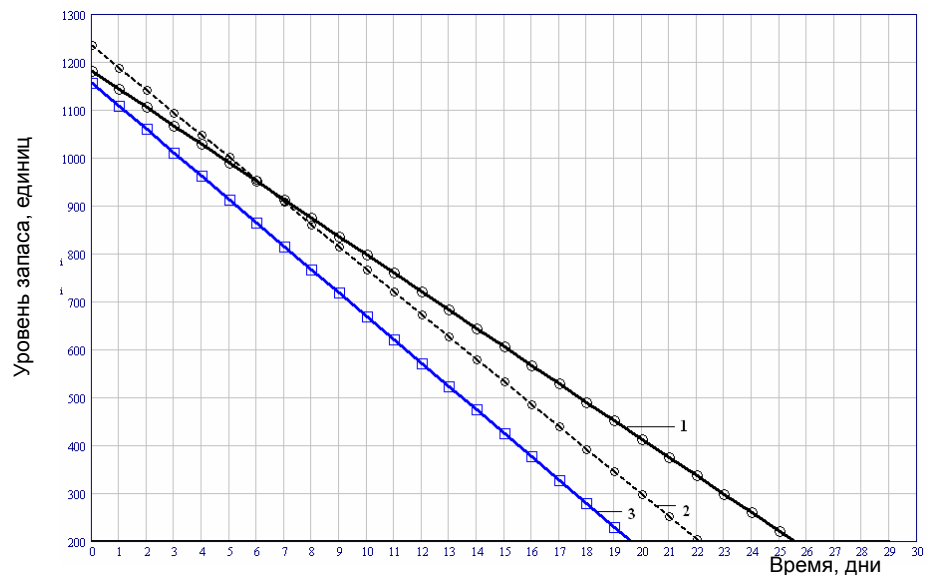


Рис.2. Линейная аппроксимация кривых рисунка 1

На рисунках 1, 2 нижний уровень соответствует страховому запасу ресурса. Очевидно, что наиболее простым с точки зрения управления является закон потребления ресурса, близкий к равномерному (рисунок 1, кривая 1). В этом случае для прогнозирования спроса хорошо подходит линейный тренд.

При явно неравномерном спросе (рисунок 1, кривые 2, 3) использование линейного тренда может дать существенную погрешность.

Оценим точность такого прогноза, если время на поставку партии ресурса составляет 7 дней, страховой запас – 200 единиц, величина партии поставки – 1100 единиц. Для этого построим таблицу, в которой отобразим текущее значение запаса, предполагаемую дату заказа и результат – величину запаса на складе после поставки (таблица 2). Здесь: СР – кривая среднего значения, Р– реальная кривая уровня запаса, ТЗ – точка заказа. В колонках ТЗ указаны две точки заказа – полученная с помощью прогноза по среднему значению (Ср.) и по реальной кривой (Реал.).

Из таблицы 2 видно, что для закона 2 потребления ресурса реальная и полученная по усредненной кривой точки заказ весьма близки. Это означает, что при использовании тренда избыточный запас будет равен:

$$Зи2 = Зп + Рп - Змакс = 180 + 1100 - 1300 = -20 \text{ единиц.}$$

Для закона 1 избыточный запас будет равен:

$$Зи1 = Зп + Рп - Змакс = 280 + 1100 - 1300 = 80 \text{ единиц.}$$

Для закона 3 избыточный запас будет равен:

$$Зи3 = Зп + Рп - Змакс = 120 + 1100 - 1300 = -80 \text{ единиц.}$$

Таблица 2

Результаты анализа уровня запаса для различных законов изменения запаса во времени

Дни	Закон изменения запаса во времени								
	1			2			3		
	СР (рис.2)	Р (рис.1)	ТЗ	СР (рис.2)	Р (рис.1)	ТЗ	СР (рис.2)	Р (рис.1)	ТЗ
6	989	1100		1000	1100		912	1100	
7	951	950		953	950		863	950	
8	912	800		906	800		815	800	Реал.
9	874	700		860	700		766	700	
10	835	700		813	700		717	600	
11	797	685		766	685		668	500	
12	758	660		719	660		619	400	
13	720	650		672	650		571	300	
14	681	625		626	625		522	200	Ср.
15	643	600		578	600	Реал.	473	200	
16	605	500		532	500	Ср.	424	200	
17	566	420		485	400		376	200	
18	528	385		438	300		327	200	
19	489	370		391	250		278	200	
20	451	365	Ср.	344	230		229	200	
21	412	350		297	220		180	120	
22	374	340		250	200		132	100	
23	336	330		204	180		83	80	
24	297	320	Реал.	157	150		34	70	
25	259	310		110	130		-15	50	
26	220	300		63	120		-64	30	
27	182	280		16	100		-112	10	
28	143	260		-30	75		-161	0	
29	105	240		-77	50		-210	0	
30	67	225		-124	25		-259	0	

Таким образом, для законов изменения 1 и 3 имеем начальный уровень запаса меньше на 20 и 80 единиц соответственно, а для закона изменения 2 – избыток 80 единиц. Величина избытка запаса в случае 2 невелика (6.2%) и в

принципе, не приведет к существенному увеличению затрат. Для случаев 1 и 3 имеем недостаток ресурсов, однако может привести к сбоям в производстве.

Для повышения точности прогноза предлагается использование первой и второй производных текущего уровня запаса во времени. На рисунках 3 и 4 приведены кривые соответственно первой и второй производной для случаев изменения запаса, показанных на рисунке 1. Обозначив текущий запас $Y(t)$, его первую производную - $dY(t)/dt$, вторую производную - $d^2Y(t)/dt^2$, проанализируем различные случаи, приведенные в таблице 3.

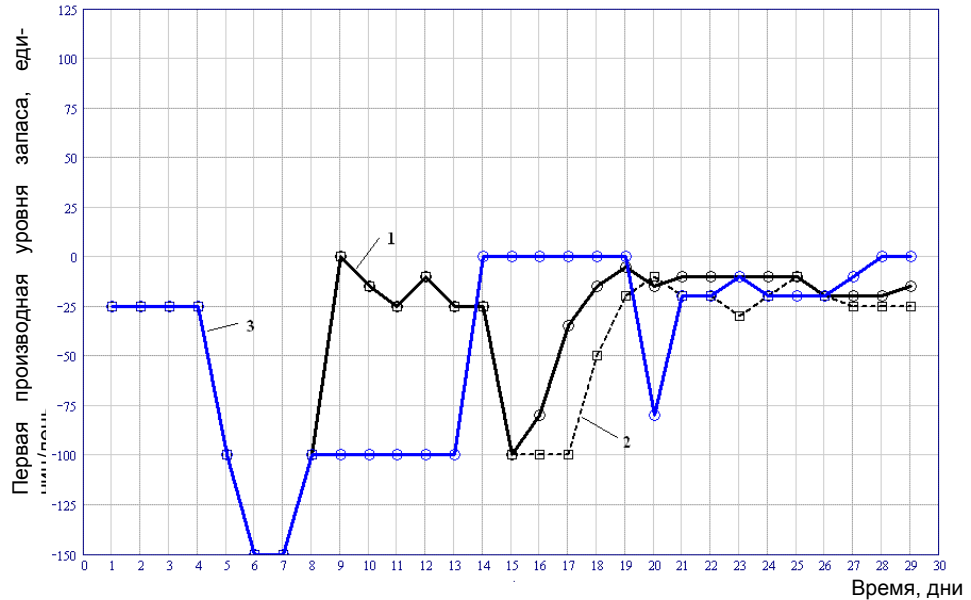


Рис.3. Первая производная уровня запаса во времени

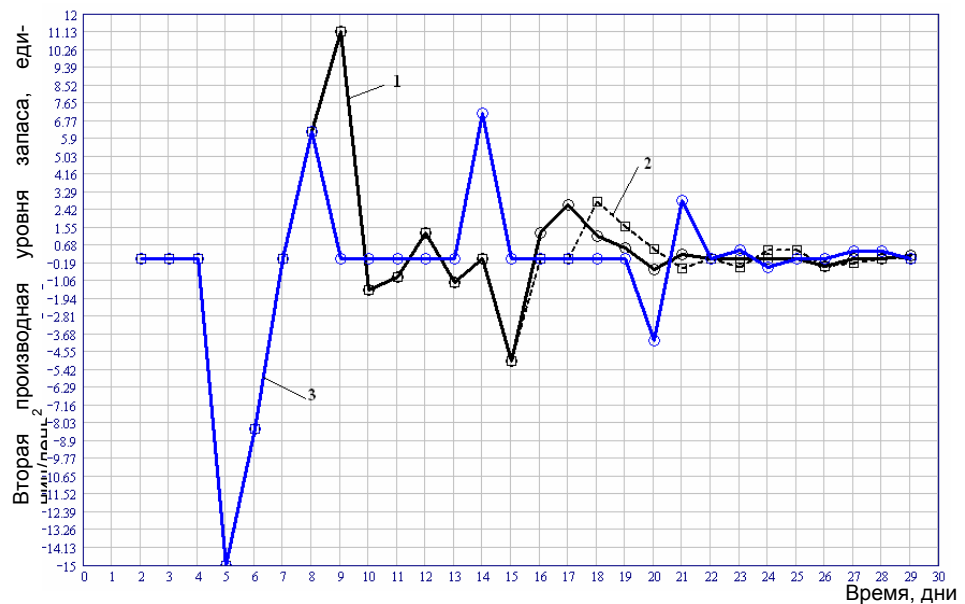


Рис.4. Вторая производная уровня запаса во времени

Таблица 3

Анализ состояния запасов по производным

$dY(t)/dt$	$d^2Y(y)/dt^2$	Вывод
Константа	Константа	Ресурс потребляется равномерно, для прогноза можно использовать линейный тренд
Нарастает с постоянным приращением	Константа	Скорость потребления ресурса растет, заказ следует сделать ранее, с упреждением
Спадает с постоянным приращением	Константа	Скорость потребления ресурса спадает, заказ следует сделать позднее
Нарастает с увеличивающимся приращением	> 0	Скорость потребления ресурса быстро растет, заказ следует сделать ранее, с существенным упреждением
Спадает с увеличивающимся приращением	< 0	Скорость потребления ресурса быстро спадает, заказ следует сделать существенно позднее

Как видно из таблицы 3, анализ производных позволяет уточнить прогноз, а также принять решение о моменте закупки очередной партии.

Используя данные таблицы 2, сделаем прогноз точек заказа для различных законов изменения уровня запаса во времени (таблица 4). Здесь обозначены: П - пессимистический прогноз точки заказа, О - оптимистический прогноз точки заказа, Р – реальная точка заказа.

Таблица 4

Прогноз с использованием первой производной

Дни	Закон изменения запаса во времени								
	1			2			3		
	Y (рис.1)	$dY(t)/dt$	ТЗ	Y (рис.1)	$dY(t)/dt$	ТЗ	Y (рис.1)	$dY(t)/dt$	ТЗ
6	1100	-150		1100	-150		1100	-150	
7	950	-150	П	950	-150	П	950	-150	П
8	800	-100		800	-100		800	-100	О Р
9	700	0		700	0		700	-100	
10	700	-15		700	-15		600	-100	
11	685	-25		685	-25		500	-100	
12	660	-10		660	-10		400	-100	
13	650	-25		650	-25		300	-100	
14	625	-25		625	-25		200	0	
15	600	-100	О	600	-100	О Р	200	0	
16	500	-80		500	-100		200	0	
17	420	-35		400	-100		200	0	
18	385	-15		300	-50		200	0	
19	370	-5		250	-20		200	0	
20	365	-15		230	-10		200	-80	
21	350	-10		220	-20		120	-20	
22	340	-10		200	-20		100	-20	
23	330	-10		180	-30		80	-10	
24	320	-10	Р	150	-20		70	-20	
25	310	-10		130	-10		50	-20	
26	300	-20		120	-20		30	-20	
27	280	-20		100	-25		10	-10	

При прогнозе использовалась следующая формула

$$Y_{N+1} = Y_N + 7 \cdot \frac{dY}{dt}$$

где N – текущий момент времени (к примеру, номер дня в месяце).

Как видно из таблицы 4, для случаев 2 и 3 применение производной дает возможность более точно предсказать момент пополнения запаса ресурса.

Для автоматизации процесса закупки и проведения прогноза целесообразно использовать базу данных предприятия, в которой хранятся сведения о текущем состоянии запаса. Естественно, для этого необходимо ежедневная фиксация уровня запаса.

Таким образом, можно рекомендовать использовать прогноз с учетом производных следующим образом:

1. Для неравномерного спроса, кривая уровня запаса для которого характеризуется малыми отклонениями от среднего значения, целесообразно применять линейный тренд (кривая 1)

2. Для неравномерного спроса, кривая уровня запаса для которого характеризуется большими отклонениями от среднего значения, целесообразно применять прогноз с помощью первой производной (кривые 2, 3). При этом вторую производную можно использовать для повышения качества принятия решения.

Выводы

1. В моделях управления запасами уровень страхового запаса и точка заказа существенно зависят от характера потребления ресурса.

2. Применение линейного тренда для прогноза не всегда дает точный результат, что может привести к избытку или недостатку запаса ресурса.

3. Применение первой и второй производной для прогноза позволяет более точно предсказать момент закупки очередной партии при пополнении запаса.

Л и т е р а т у р а

1. Модели и методы теории логистики. –СПб.: Питер, 2003. – 176 с., ил.
2. Шрайбфедер Дж. Эффективное управление запасами / Джон Шрайбфедер ; Пер. с англ. - 2-е изд. — М.: Альпина Бизнес Букс, 2006. — 304 с.
3. Бендат Дж. Пирсол А. Применения корреляционного и спектрального анализа: Пер. с англ. — М.: Мир, 1983. —312 с, ил.

Дьячкова В.В.

КОНЦЕПЦИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПРЕДПРИЯТИИ

В статье рассматриваются проблемы экономической безопасности металлургического предприятия, освещаются подходы к ее решению в работах современных ученых и предлагается концепция моделирования экономической безопасности хозяйствующего субъекта (металлургического предприятия).

Деятельность предприятий металлургической отрасли в условиях современной экономики требует серьезного научно-обоснованного подхода к решению проблем экономической безопасности. Во многом это связано со значительным расширением угроз для бизнеса вследствие высокой динамики изменений параметров среды его функционирования. Сегодня становится очевидным, что проблема экономической безопасности хозяйствующего субъекта является сложной, многогранной и требующей решения на основе системного подхода, для реализации которого необходим научный аппарат, включающий совокупность экономико-математических методов и методик определения количественной оценки факторов угроз экономической безопасности, а также принципов и эффективных способов их предотвращения или снижения.

Целью данной статьи является разработка концепции моделирования процесса обеспечения экономической безопасности металлургического предприятия.

Данная цель требует решения следующего круга задач:

- выявление основных угроз характерных для предприятий металлургической отрасли;
- разработка принципов построения системы безопасности предприятия;
- определение основных подходов к моделированию процесса обеспечения экономической безопасности.

Деятельность металлургических предприятий регламентируется и контролируется государством. Продукция подлежит обязательной сертификации, в том числе и международных сертификационных агентств, поскольку до 90% готовой продукции экспортируется. Как правило, предприятия металлургической отрасли являются градообразующими, связаны с социальной сферой, городским и коммунальным хозяйством. Деятельность промышленных предприятий всегда находится под пристальным вниманием государственной и местной властей. Это влечет за собой ряд угроз:

- давление со стороны государственных органов;
- использование административных возможностей для получения выгоды;
- влияние политической ситуации;
- рейдерство;
- наличие социальных проблем;
- снижение роли правоохранительных органов в обеспечении мероприятий по предупреждению и раскрытию преступлений связанных с деятельностью предприятия [1, 21].

Кроме того, для металлургических предприятий характерен достаточно узкий ассортимент, характер производства не позволяет быстро в случае необ-

ходимости перейти на выпуск другой продукции. Это также формирует специфические риски:

- обострение конкуренции;
- зависимость от изменений конъюнктуры спроса в мировом масштабе;
- зависимость от сырьевой базы;
- недобросовестная конкуренция во всех ее проявлениях;
- монополизация рынка.

Процесс производства проката подразумевает пять переделов имеющих значительные технологические различия: коксохимический (кокс), аглодоменный (чугун), мартеновское и/или конвертерное производство (сталь), блюминг-слябинг и/или непрерывная разливка стали (заготовки для прокатного производства), прокатное производство (лист, сортовой прокат, горячекатаная проволока, арматура, штрипс). Таким образом, сложность технологического процесса влечет за собой следующие угрозы:

- нанесение ущерба основным средствам, технике, ТМЦ;
- хищение материальных ценностей и готовой продукции;
- коррупционные схемы ответственных лиц типа «откат»;
- производственный брак;
- поставки сырья, материалов и оборудования низкого качества;
- отключение или вывод из строя систем жизнеобеспечения объекта;
- хищение коммерческих секретов предприятия;
- производственный травматизм.

Уже на этапе анализа угроз возникает множество неопределенностей, условностей, допущений. В.И. Ярочкин (1, 255) считает, что проблема безопасности относится к числу сложных проблем, для решения которых необходим системный подход. Е.И. Белоусов (2, 258), отмечая комплексность и сложность задач эффективного управления экономической безопасностью, говорит о необходимости критериев и методов его оценки, выделяя в качестве одного из таких методов вероятностную оценку степени достижения целей комплексной системы безопасности. В.М. Глущенко считает (3, с.16), что измерение опасности методологически правильно было бы проводить через вероятность и величину ущерба и предлагает (3, 21-24) экономико-математическую модель определения размеров интегрального и потенциального ущерба безопасности, построенную на количественных и качественных характеристиках ущерба с применением его вероятностных и стоимостных оценок.

Основой эффективного управления экономическими рисками является качественное прогнозирование. Это возможно только при разработке и внедрении системы обеспечения экономической безопасности. Главная цель моделирования экономической безопасности металлургического предприятия состоит в обеспечении возможности получить количественные оценки возможных угроз. Определим принципы, на которых будет базироваться данная система.

Обобщая разработанные Ярочкиным В.И. [1], Груниным С.О., Груниным О.А. [4], Гусевым В.С. [5], Мак-Маком В.П. [6] принципы построения системы безопасности, следует выделить следующие:

- законность;
- системность;
- комплексность;
- непрерывность;
- экономическая целесообразность.

Остальные принципы по отношению к этим, являются дополняющими, конкретизирующими или второстепенными.

Указанный системный характер понятия «угроза экономической безопасности» служит веским основанием утверждать о необходимости многокритериального подхода к экономико-математическому моделированию риска. Помимо всего прочего, этот подход позволяет использовать в теории безопасности методы теории выбора и принятия решений в условиях многокритериальности.

Применение экономико-математических методов позволяет провести качественный и количественный анализ экономических явлений, дать количественную оценку значения риска и рыночной неопределенности и выбрать эффективное решение. Математические методы и модели позволяют имитировать различные хозяйственные ситуации и оценивать последствия при выборе решений, обходясь без дорогостоящих экспериментов.

К настоящему времени в современной экономической теории предлагается использовать следующие четыре метода оценки риска:

- статистический;
- экспертных оценок;
- аналитический;
- использование аналогов.

При проектировании системы безопасности необходимо учитывать вероятностный характер реализации угроз злоумышленного характера. Необходимо отметить, что в публикациях последних лет освещен ряд подходов к классификации и оценке возможных угроз – как на концептуальном уровне, так и на примере конкретных объектов. В том числе с использованием математических методов [2; 3; 5; 7]. Все же математическая оценка вероятностного характера угроз еще недостаточно широко используется в проектировании систем безопасности объектов, и необходимость ее упоминается лишь в незначительном числе работ, несмотря на то, что соответствующий математический аппарат для подобных расчетов достаточно разработан.

Оценка вероятности реализации угроз злоумышленного характера и оценка возможных потерь – ответственная часть процесса обеспечения безопасности. Возникает задача оптимизировать уровень защищенности объекта от угроз, позволяющая достичь максимальной эффективности выбранного варианта комплекса защитных мер. При этом необходимо учитывать весьма важное ограничение: несмотря на наличие, казалось бы, прямой зависимости между размерами выделяемых на защиту средств и эффективностью защиты, существует предельно допустимое значение затрат, определяемое рентабельностью проектируемой системы защиты.

Используя теоретико-игровые подходы к разрешению проблемы экономической безопасности, следует исходить из того, что игровая модель на начальном этапе должна быть укрупненной [5, 139-140]. Затем, по мере проработки данной проблематики, эта модель будет детализироваться. В основу построения игровой модели безопасности металлургического предприятия положим следующие принципы:

- под зоной защиты понимается периметр охраны, в котором находятся объекты защиты (производственные и офисные помещения, производственные фонды, различные виды производственных запасов, другие ТМЦ);
- зоны защиты неразрывно связаны с определенными средствами защиты (подразделением службы безопасности с соответствующим техническим оснащением и квалификацией);

- зоны (объекты) защиты могут быть как независимыми, так и зависимыми друг от друга, т. е. хищение или выход из строя одной из зон (одного из объектов) влияет на работу в других;
- предприятию необходимо предотвращать угрозы его экономической безопасности: нанесение ущерба основным средствам, технике, ТМЦ; хищение материальных ценностей и готовой продукции; коррупционные схемы ответственных лиц типа «откат»; производственный брак; поставки сырья, материалов и оборудования низкого качества; отключение или вывод из строя систем жизнеобеспечения объекта; хищение коммерческих секретов предприятия; производственный травматизм;
- предприятия металлургической отрасли, как правило, имеют собственную службу безопасности. Ее структура и специфика работы зависят от особенностей конкретного предприятия.
- носителя угроз предприятию (криминальная структура) реализовывает один из перечисленных видов угроз.

Применительно к конкретным условиям взаимосвязи предприятия с криминальными структурами можно представить различные частные игровые модели определения объектов и средств их защиты, в которых будут учтены технологические и организационные особенности производства, взаимосвязь объектов защиты предприятия, информация об ущербах.

Моделирование угроз злоумышленного характера нельзя считать полностью исчерпывающим в системе экономической безопасности, так как велики угрозы внешней среды, которые могут привести к необратимым для предприятия последствиям. Обеспечение устойчивого функционирования предприятия требует реализации комплекса специальных мер безопасности, основанных на внутрифирменной стратегии и политиках безопасности, анализе рисков угроз, возможных для данного предприятия в конкретный период. Классификация факторов угроз безопасности исходящих из внешней и внутренней среды предприятия комплексно представлена в [5, 164-167]. Для моделирования финансовой устойчивости предприятия следует использовать модели антикризисного менеджмента.

Неплатежеспособность предприятий ставят в соответствие с неудовлетворительной структурой их отчетных балансов. Модели локализации угроз экономической безопасности позволяют восстановить структуру баланса и выйти из состояния неплатежеспособности. Окончательный выбор политики обеспечения экономической безопасности обосновывается прогнозом соответствующих каждому варианту политики финансовых результатов и анализом возможных экономических и социальных последствий ее реализации. Формируемые таким образом политики рекомендуют направления, по которым должен перестраиваться баланс в предстоящем периоде. Под выбранную политику можно подбирать отдельные организационно-технические мероприятия или их комплекс.

Модели оптимизации стратегии развития предприятия позволяют создать экономико-организационные предпосылки устойчивой безопасности.

Расчетные параметры моделей антикризисного менеджмента могут использоваться менеджментом предприятия в качестве индикаторов выбираемых политик экономически безопасного хозяйствования и стратегий развития производства.

Рассмотренные выше подходы к моделированию экономической безопасности учитывают угрозы, подчиненные нормальному закону распределения в исходной статистике, для их реализации предложено использовать методы

теории игр, теории вероятностей, математической статистики, теории статистических решений, математического программирования. Но, огромный опыт математического моделирования динамических эволюционных процессов, накопленный в мире за последние десятилетия, неизмеримо расширил и во многом изменил установившиеся представления об адекватности существующих математических моделей сути этих процессов. Процессов, которым, прежде всего, присуще свойство динамики или эволюционирования. Становится ясно, что для иных угроз (например, реприватизация в ходе политической борьбы) классического арсенала математического моделирования, базирующегося на так называемой линейной парадигме (малые возмущения входных данных системы в малой степени меняют ее траекторию), во многих случаях явно недостаточно для построения адекватных математических моделей оценки угроз экономической безопасности. Это обстоятельство обуславливает необходимость использования также нелинейной парадигмы в математическом моделировании (малые возмущения входных данных или значений переменных динамической системы могут в катастрофически большой степени изменить ее траекторию (в силу сложности самой системы и хаотичности ее поведения)). Составляющими такого подхода являются эволюционная экономика, теория хаоса, фрактальная статистика, нелинейная динамика.

Заслуживают также внимания концепции, излагающие взгляд на угрозу экономической безопасности с позиции системного анализа, на пределы предсказуемости и прогноз редких событий, а также на циклические риски и системы с запаздыванием.

В основу всех описанных подходов к моделированию процесса обеспечения экономической безопасности металлургического предприятия положим принципы заблаговременного прогнозирования и предупреждения угроз вместо принципа ликвидации их последствий.

Для систематизации предложенных подходов к моделированию будем использовать следующие признаки: виды угроз, их объекты – направления, методы и модели обеспечения экономической безопасности. Такая иллюстрация в трехмерной системе координат (рис.1), где X – виды угроз безопасности, Y – объекты защиты, Z – модели и методы защиты, позволит выявить какие угрозы возможны для объектов обеспечения экономической безопасности и сопоставить им модели, дающие наиболее точную оценку угроз.

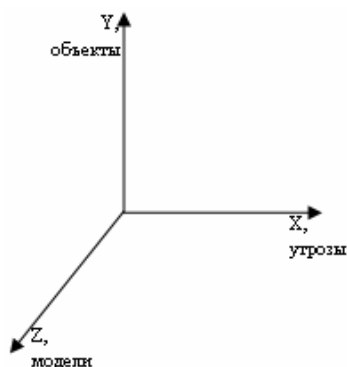


Рис.1.Трехмерная модель угроз

Особое прикладное значение имеют «развертки» данной области по осям XU , XZ и YZ . Развертка по оси XU позволяет выделить среди всего множества

угроз наиболее характерные для защищаемого объекта. Развертка по оси XZ позволяет определить набор возможных средств моделирования для предупреждения того или иного вида угрозы безопасности объекта. И наконец, развертка YZ преследует цель подбора конкретных моделей обеспечения экономической безопасности применительно к характеру защищаемого объекта.

Подобная графическая интерпретация подхода к моделированию безопасности позволит для каждого защищаемого объекта выявить сочетания угроз и моделей, позволяющих их выявить, оценить и предупредить. Найденные сочетания помогут привести в соответствие определенный комплекс мер безопасности объекта.

Для построения эффективной системы обеспечения экономической безопасности следует использовать двухуровневый подход к моделированию. Сущность подхода заключается в следующем: математическая модель верхнего уровня - это модель теории оптимизации и принятия решений, на базе которой строится и обосновывается наиболее целесообразное управление рассматриваемой системой или процессом (например, определение количества средств, необходимых для защиты). Математическая модель нижнего уровня осуществляет моделирование исходных данных (например, количественная оценка угроз) для модели верхнего уровня.

Выводы. Рассмотренный концептуальный подход позволяет построить основополагающие в перспективной деятельности предприятия экономико-математические модели процесса обеспечения экономической безопасности предприятия. В данной работе использован многоуровневый подход к задачам экономико-математического моделирования безопасности, предложено комплексное использование методов теории вероятности и теории игр, методов антикризисного управления и методов нелинейной динамики.

Л и т е р а т у р а

1. Ярочкин В.И. Система безопасности фирмы. Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Ось-89, 2003. – 352 с.
2. Белоусов Е.И. Применение вероятностных методов оценки эффективности управления комплексной системы безопасности // Научная сессия МИФИ (ГУ). Изд. МИФИ (ГУ), 2003. с.258-259.
3. Глушенко В.М. Методология обоснования мероприятий защиты жизненно важных интересов и безопасности города Москвы на основе оценки предотвращенного ущерба // Вестник МГИУ.- 2003. № 2, с.15-26.
4. Грудинин О.А., Грудинин С.О. Экономическая безопасность организации. СПб: Питер, 2002. - 206 с.
5. Гусев В.С., Демин В.А. и др. Экономика и организация безопасности хозяйствующих субъектов. СПб: Питер, 2004. – 288 с.
6. Мак-Мак В.П. Служба безопасности предприятия. М.: Баярд, 2003. – 329 с.
7. Абалмазов Э.И., Кротова М.Э. Декомпозиция и композиция систем безопасности. М.: Секьюрити сервис, октябрь-ноябрь, 1995.

Ксенофонтова К.Ю.

КРИТЕРІЙ ВИБОРУ СТРУКТУРИ ПРИ ІЄРАРХІЧНІЙ ІНТЕГРАЦІЇ КАНАЛІВ РЕАЛІЗАЦІЇ У М'ЯСОПРОДУКТОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ

У роботі запропонована методика побудови структури каналів реалізації продукції або послуг в ієрархічній системі господарських об'єктів.

Постановка проблеми в загальному вигляді

Інтеграція обумовлена інтенсифікацією процесов у різних областях господарської діяльності.

Інтеграційні процеси є об'єктивним явищем що супроводжують розвиток науково-технічного прогресу. Сутність інтеграції полягає в посиленні взаємозв'язків між суб'єктами єдиного техпроцесу, з метою збільшення економічного ефекту за рахунок спільної діяльності [1].

Мотиви інтеграції зв'язані зі стратегічною стійкістю об'єктів інтеграції й з можливістю зменшити загальні транзакційні витрати в інтегрованій системі. Наприклад, підсилюється спеціалізація та концентрація с відповідною ієрархією сільськогосподарського виробництва. Інший приклад дає технологія дистанційного навчання, де ієрархічна інтеграція закладена в самій організації навчання. В інших галузях інтеграційні процеси також приводять до економії витрат і підвищенню якості технологічних процесів.

Цілі статті. Метою статті є розробка методів побудови структури каналів реалізації продукції або послуг в ієрархічній системі господарських об'єктів у м'ясопродуктовому виробництві.

Актуальність. Сутність інтеграції полягає в посиленні взаємозв'язків між суб'єктами єдиного техпроцесу, з метою збільшення економічного ефекту за рахунок спільної діяльності. Основою цього виступає сформульований І. Ансоффом [1] "синергетичний ефект", тобто можливість того, що результат від сумісних зусиль декількох одиниць буде більшим за загальний результат від їх самостійної діяльності.

У зв'язку з розмаїтістю можливих каналів реалізації актуальним стає можливість вибору економічно кращих схем зв'язків, що у свою чергу вимагає застосування математичних методів і їхньої реалізації на комп'ютерах.

Для опису процесу інтеграції використовуємо матричний апарат.

Нехай R - матриця ймовірностей виконання робіт y_1, y_2, \dots, y_M господарськими об'єктами x_1, x_2, \dots, x_N .

$$R = \begin{matrix} & \begin{matrix} y_1 & y_2 & \cdot & \cdot & \cdot & y_M \end{matrix} \\ \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ x_N \end{matrix} & \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdot & \cdot & \cdot & p_{1M} \\ p_{21} & p_{21} & \cdot & \cdot & \cdot & p_{2M} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ p_{N1} & p_{N2} & \cdot & \cdot & \cdot & p_{NM} \end{pmatrix} \end{matrix}$$

$$\sum_{j=1}^M p_{ij} = 1, \quad \forall i.$$

S – матриця витрат по всіх роботах з видів витрат.

$$S = \begin{matrix} & Z_1 & Z_2 & \dots & Z_L \\ \begin{matrix} y_1 \\ y_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ y_M \end{matrix} & \begin{pmatrix} s_{11} & s_{12} & \dots & s_{1L} \\ s_{21} & s_{22} & \dots & s_{2L} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ s_{M1} & s_{M2} & \dots & s_{ML} \end{pmatrix} \end{matrix}$$

$s_{i,j}$ - елементи матриці S, Z_1, Z_2, \dots - види затрат

$$T = RS = \begin{matrix} & Z_1 & Z_2 & \dots & Z_L \\ \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ x_N \end{matrix} & \begin{pmatrix} t_{11} & t_{12} & \dots & t_{1L} \\ t_{21} & t_{22} & \dots & t_{2L} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ t_{N1} & t_{N2} & \dots & t_{NL} \end{pmatrix} \end{matrix}$$

$$t_{ij} = \sum_{m=1}^M p_{im} \cdot s_{mj}, \quad \forall i, j.$$

t_{ij} - середні витрати по видах витрат x_i , по всіх роботах $y_1, y_2, \dots, y_M \dots$

Для вибору порога поділу знаходимо

$$\max \min = \max_{i=1, \dots, N} \min_{j=1, \dots, L} t_{ij}$$

В качестве порога разделения берем $K = \max_{ij} t_{ij} : t_{ij} < \max \min []$.

Для кожного виду витрат $\forall j = 1, \dots, L$ Становимо урівневі безлічі M_j .

$$M_j = (x_{i_1}, x_{i_2}, \dots, x_{i_j}), \text{ где } x_{i_h} : t_{i_h j} \geq K.$$

Для кожного виду витрат $\forall j = 1, \dots, L$ уводяться вагові коефіцієнти

$$W_1, W_2, \dots, W_L.$$

$\forall i_h \subset M_j \quad \forall j = 1, 2, \dots, L$ визначаємо коефіцієнти

K_{i_h} , рівні сумі всіх W_{i_h} , вхідних в усі M_j .

Становимо структуру ієрархії у вигляді

$M = (K_{i_1} \cdot x_{i_1}, K_{i_2} \cdot x_{i_2}, \dots, K_{i_h} \cdot x_{i_h}, \dots, K_{i_{\max}} \cdot x_{i_{\max}})$, де

$$i_{\max} = \max_{i_h \subset M_j, \forall j=1, 2, \dots, L} i_h.$$

Якщо $K_{i_h} < K_{i_p}$, то K_{i_h} займає в структурі ієрархії місце нижче чим K_{i_p} .

Якщо $K_{i_h} = K_{i_p}$, то K_{i_h} займає в структурі ієрархії те ж місце що й K_{i_p} .

Як приклад розглянемо 6 господарських об'єктів $x_1, x_2, \dots, x_6 \dots$. У їхнє число можуть входити м'ясокомбіати, откормочные господарства, ветеринарні фірми й т.д. Кожний з об'єктів x_1, x_2, \dots, x_6 може виконувати роботи $y_1, y_2, \dots, y_5 \dots$

Як можливі роботи розглянемо:

y_1 - закупівля яловичини, середня ціна 600грн/центнер готової продукції;

y_2 - закупівля свинини, середня ціна 900грн/центнер готової продукції;

y_3 - закупівля птаха, середня ціна 400грн/центнер готової продукції;

y_4 - закупівля кормів, середня ціна 1300грн/центнер готової продукції;

y_5 - ветеринарні заходи, середня ціна 2000грн/центнер готової продукції.

Види витрат по всіх роботах:

Z_1 – транспортні витрати;

Z_2 – витрати на зберігання;

Z_3 – банківські послуги (0 у випадку розплати готівкою або бартером).

Нехай

$$R = \begin{matrix} & y_1 & y_2 & y_3 & y_4 & y_5 \\ \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ . \\ . \\ . \\ x_6 \end{matrix} & \begin{pmatrix} 0.5 & .2 & .2 & .1 & 0 \\ .6 & .3 & .1 & 0 & 0 \\ .4 & .2 & .2 & .1 & .1 \\ .9 & 0 & 0 & 0 & .1 \\ .2 & .2 & .2 & .2 & .2 \\ .5 & .5 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

Розподіл видів витрат по видах роот:

$$S1 := \begin{pmatrix} .1 & .1 & .05 \\ .1 & .1 & .05 \\ .08 & .01 & .05 \\ .07 & .08 & .05 \\ .1 & .1 & .05 \end{pmatrix}$$

Вагові коефіцієнти $W_1 = .58$, $W_2 = .33$, $W_3 = .09$.

Тоді

60	60
30	
90	90
45	
32	4
20	
21	101

63.5	59.2
34.5	
60.2	57.4
30.5	
77.5	73.2
41.5	
74	74
37	

Для вибору порога поділу знаходимо

$$\min_{j=1,\dots,3} t_{1j} = 34.5, \quad \min_{j=1,\dots,3} t_{2j} = 30.5, \quad \min_{j=1,\dots,3} t_{3j} = 41.5, \quad \min_{j=1,\dots,3} t_{4j} = 37, \quad \min_{j=1,\dots,3} t_{5j} = 52,$$

$$\min_{j=1,\dots,3} t_{6j} = 37.5, \quad \max \min = 52. \quad \text{Поріг поділу } K = 41.5.$$

Для кожного виду витрат $j = 1, \dots, 3$ становимо урівневі безлічі M_j .

$$M_1 = (x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6)$$

$$M_2 = (x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6)$$

$$M_3 = (x_3, x_5)$$

Становимо структуру ієрархії у вигляді

$$M_1 = ((.58 + .33)x_1, (.58 + .33)x_2, (.58 + .33 + .09)x_3, (.58 + .33)x_4, (.58 + .33 + .09)x_5, (.58 + .33)x_6)$$

$$=$$

$$M_1 = (.91x_1, .91x_2, x_3, .91x_4, x_5, .91x_6)$$

За результатами розрахунків можна рекомендувати структуру ієрархії (рис.1).

У випадку відмови зайняти свій рівень у структурі інтеграції господарський об'єкт x_1 , наприклад, ризикує втратити економічні вигоди від кооперації по попутному транспорту з x_3 або x_5 , у яких при більших витратах на транспорт (див. матрицю RS) можна чекати в деяких випадках машинних ходок з неповним завантаженням. Відповідно постраждають і канали реалізації, що залежать від транспорту. У свою чергу, при відмові зайняти свій рівень у структурі інтеграції господарський об'єкт x_3 , наприклад, ризикує втратити можливість знизити транспортні витрати від неповного завантаження транспорту.

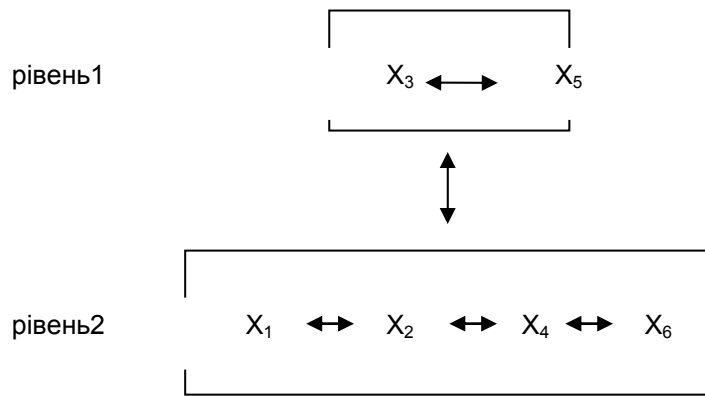


Рис.1

Інший приклад, як уже говорилося, дає технологія дистанційного навчання, де

ієрархічну структуру можна вводити серед об'єктів одержання послуг (навчання) сцелью ефективного оперативного моніторингу якісного навчання. Наприклад, при дистанційному навчанні кількість тих, яких навчають, за даним курсом можебыть велико й ослаблений контакт із викладачем. Як результат, можна чекати нагромадження черги заборгованостей аж до блокування системи [2, 3].

Ієрархічне структурування в такому випадку дозволить виділити уровневые безлічі тих, яких навчають, по яких необхідно застосовувати більше інтенсивні методики навчання аж до виклику у ВНЗ для консультацій.

Особливістю опису для таких систем буде більша розмірність N матриці R і постійна зміна уровневых безлічей. Наприклад для 100 тих, яких навчають, матриця R прийме вид:

$$R = \begin{matrix} & y_1 & y_2 & \cdot & \cdot & \cdot & y_M \\ \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ x_{100} \end{matrix} & \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdot & \cdot & \cdot & p_{1M} \\ p_{21} & p_{21} & \cdot & \cdot & \cdot & p_{2M} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ p_{100,1} & p_{100,2} & \cdot & \cdot & \cdot & p_{100,M} \end{pmatrix} \end{matrix}$$

Обробка матриці такої розмірності викличе додаткові витрати на розробку спеціалізованого алгоритму, що забезпечує расчет у приемлимые строки.

Як видно з наведеного вище метод придатний для різних господарських структур, зокрема м'ясопродуктових підкомплексів та навчальних систем, та інших галузях, де, інтеграційні процеси також приводять до економії витрат і підвищенню якості технологічних процесів. З'являється можливість підвищення ефективності використання техніки та обладнання за рахунок збільшення розмі-

рів виробництва, консолідації зусиль для отримання переваг на ринку, пошуку альтернативних напрямків отримання та використання кредитів та страхування. За рахунок збільшення масштабів діяльності та вдосконалення організації виробництва, вони зміцнюють зв'язків між галузями, що послідовно приймають участь у виробництві кінцевої продукції або послуг.

Висновки. Інтеграційні процеси є об'єктивним економічним явищем, що супроводжує науково-технічний прогрес. Розробка методів побудови ієрархічної структури каналів реалізації продукції або послуг дозволить реалізувати переваги даної форми організації виробництва у м'ясопродуктовому виробництві.

Л і т е р а т у р а

1. Ансофф И. Стратегическое управление. Сокр.пер. с англ./Науч.ред и автор предисл. Л.И. Евенко. –М.: Экономика, 1989. -519 с.
2. Меньяйленко А.С., Могильний Г.А., Скачко В.В., Тихонов Ю.Л. Матричний апарат для опису процесу інтеграції. Сучасні тенденції розвитку інформаційних технологій в науці, освіті та економіці: Матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції. 8–10 квітня 2008 р., м. Луганськ. – Луганськ: Альма-матер, 2008. – 226 с.
3. Тихонов Ю.Л. Матричний аналіз мереж масового обслуговування М: Інститут проблем управління, 1985 Програмное средство зарегистрировано во ВНИИ Центре N 50850000749

УДК 637.52:631.151.6

Ксенофонтова К.Ю.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ У СТРУКТУРАХ З ВЕРТИКАЛЬНОЮ ТА ГОРИЗОНТАЛЬНОЮ ІНТЕГРАЦІЄЮ У М'ЯСОПРОДУКТОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ

У роботі запропонована методика моделювання техпроцесов в інтегрованих структурах.

Постановка проблеми в загальному вигляді

Сучасний розвиток науково-технічного прогресу зумовив інтенсифікацію процесів у різних галузях господарської діяльності. Це обумовило необхідність застосування в керуванні математичних методів і їхньої реалізації на комп'ютерах. Зокрема моделювання об'єктів господарської діяльності при плануванні й при оперативному керуванні стає значимою ланкою господарського механізму. Досить часто інтеграційні процеси моделююваних структур мають як горизонтальне так і горизонтальний напрямок. Наприклад, підсилюється спеціалізація та концентрація сільськогосподарського виробництва, виділення з нього переробних та обслуговуючих галузей, які набули характеру індустріального виробництва. Дані організаційні трансформації зумовили необхідність удосконалення механізмів координації взаємовідносин між агропромисловими підприємствами. При цьому, одним з перспективних напрямів організації виробництва є створення інтеграційних формувань. Інший приклад дає технологія дистанційного навчання, де вертикальна інтеграція закладена в самій організації навчання, а горизонтальна інтеграція розвивається у зв'язку з Болонським процесом.

Дослідженню теоретичних та практичних аспектів інтеграції у переробному виробництві присвячені роботи вітчизняних та іноземних вчених таких як М. Портер, Є. Барбашин, В. Дубицький, Ю. Коваленко, В. Курченков, М. Малік, М. Орлатий та інших [1 - 5]. Відзначено, зокрема, що розвиток інтеграційних процесів в м'ясопродуктовому підкомплексі має свої особливості, що потребує додаткового вивчення.

В інших галузях моделюванню інтеграційних процесів приділене менша увага, однак, такі процеси приводять до економії витрат і підвищенню якості технологічних процесів.

Цілі статті. Метою статті є розробка методів моделювання техпроцесів придатних для різних господарських структур, зокрема м'ясопродуктових підкомплексів та навчальних систем.

Актуальність. Інтеграційні процеси є об'єктивним явищем що супроводжують розвиток науково-технічного прогресу. Сутність інтеграції полягає в посиленні взаємозв'язків між суб'єктами єдиного техпроцесу, з метою збільшення економічного ефекту за рахунок спільної діяльності. Основою цього виступає сформульований І. Ансоффом [1] "синергетичний ефект", тобто можливість того, що результат від сумісних зусиль декількох бізнес-одиниць буде більшим за загальний результат від їх самостійної діяльності.

У зв'язку з розмаїттю можливих реалізацій інтеграційних процесів актуальним стає можливість вибору економічно кращих схем зв'язків, що у свою чергу вимагає застосування математичних методів, зокрема моделювання, і їхньої реалізації на комп'ютерах. У практичному плані м'ясопродуктові комплекси дають гарне поле додатка моделюванню інтеграційних процесів, однак, такі моделі застосовні й в інших галузях.

Узагальнено розрізняють два напрями розвитку інтеграційних процесів: горизонтальний, в якому беруть участь підприємства, що виробляють аналогічну продукцію, та вертикальний, що об'єднує підприємства, виробництво яких відноситься до різних стадій технологічного ланцюга виробництва певного продукту.

Мотивацією підприємств, що об'єднуються за першим напрямком виступає так званий "ефект масштабу діяльності". В рамках досягнення цього ефекту, залежно від кінцевої мети конкретного інтеграційного формування, з'являється можливість підвищення ефективності використання техніки та обладнання за рахунок збільшення розмірів виробництва, консолідації зусиль для отримання переваг на ринку, пошуку альтернативних напрямків отримання та використання кредитів та страхування.

За допомогою інтеграції підприємства, шляхом об'єднання спільних зусиль, намагаються досягти конкурентних переваг на ринку. При цьому, за рахунок збільшення масштабів діяльності та вдосконалення організації виробництва, вони зміцнюють зв'язків між галузями, що послідовно приймають участь у виробництві кінцевої продукції або послуг.

Структуру інтеграції можна описати схемами (Рис.1, 2)

Кожний об'єкт має свої інкапсулированні властивості й методи. Стрілки на малюнках позначають зв'язки між об'єктами.

При вертикальній інтеграції ефект досягається за рахунок вдосконалення механізму координації відносин між підприємствами, що відносяться до різних класів об'єктів, об'єднаних спільним технологічним процесом. Основними мотивами створення вертикально інтегрованих структур є: зниження трансакційних витрат, досягнення відповідності кількості та якості продукції та послуг, що виробляються реальним потребам споживачів та узгодження розвитку всіх суб'єктів в межах технологічного ланцюга. Наприклад, у м'ясопродуктовому комплексі виді-

ляються виробничо-технологічні, економічні та організаційні зв'язки (зв'язки r_{ij} , q_{ij} , f_{ij} , g_{ij} – мал.1, 2). Інтеграційні процеси можна узагальнити за такими ознаками:

- ступінь охоплення ланок технологічного ланцюга: інтеграційне формування може поширюватися як на весь технологічний цикл виробництва м'ясної продукції, від кормовиробництва до реалізації готової продукції, так і на його окремі складові;
- виробничий напрям: скотарство, свинарство, птахівництво або вівчарство. Інтегрована структура може поєднувати в собі всі або декілька з цих напрямів;
- організаційний тип: суб'єкти господарювання можуть об'єднуватися у формі асоціативних або корпоративних структур;
- організаційно-правова форма господарювання: кооперативи, асоціації, корпорації, консорціуми, концерни або інші об'єднання підприємств.

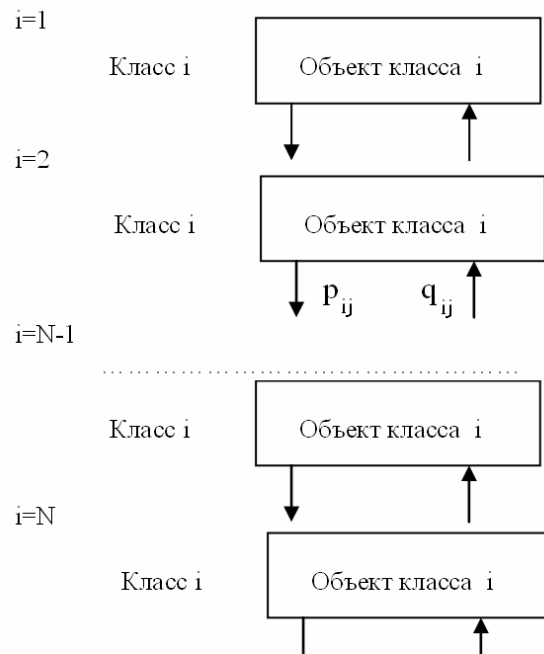


Рис.1.

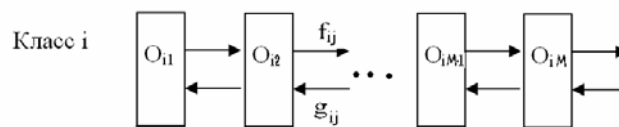


Рис.2 O_{ij} – j-й об'єкт класу і.

В інших господарських структурах показники інтеграційних процесів можуть відрізнятися. Наприклад, у системах дистанційного навчання вертикальна інтеграція жорстко структурована й поширюється на весь технологічний цикл. Вибір певної форми інтеграції окремим суб'єктом також обмежений.

Однак, з погляду моделювання інкапсулированые об'єкти добре описують досить широкий ряд господарських структур з різними видами інтеграції. У такий спосіб на етапі планування й при оперативному керуванні можна чекати ефективності від методів об'єктно орієнтованого проектування (ООП), наприклад, UML з використанням блок-схем, діаграм потоків даних (DFD), діаграм "сутність - зв'язку" (ERD), структурного аналізу й проектування (SADT) [6]. Застосування UML і подібних йому універсальних всеосяжних засобів ООП вимагає значних витрат на програмне забезпечення й високий комп'ютерній кваліфікації розроблювачів. У інтеграційних процесах можна досягти задовільних результатів з використанням спеціалізованих віртуальних лабораторій автоматизованого проектування (ВЛАП) [7].



Рис. 3. Позначення p_{ij} , q_{ij} , f_{ij} , g_{ij} ті ж що на мал.1, 2.

Наприклад, для м'ясопродуктового підкомплекса продуктова вертикаль може бути представлена наступними класами об'єктів (рис. 3).

Для повного опису структури й інтеграційних зв'язків між об'єктами можна використовувати граф (рис. 4.).

Аналогічний об'єктний граф можна використовувати для системи дистанційного навчання (ДН) (рис. 5, 6).

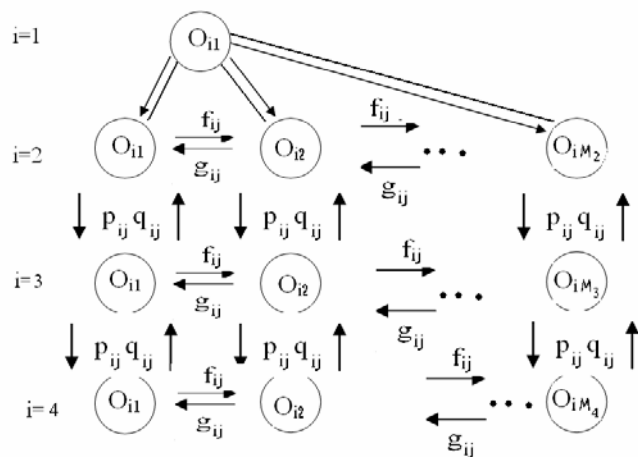


Рис. 4.
 p_{ij}, f_{ij} - фінансові потоки.
 q_{ij}, g_{ij} - матеріальні потоки



Рис. 5.

Реалізації об'єктів класів для системи ДО на відміну від об'єктів класів продуктової вертикалі можуть додаватися в процесі моделювання. Проте моделі обох прикладів легко реалізуються на ЕОМ. В обох прикладах для оперативного управління моделі повинні функціонувати в усі час існування реальних об'єктів.

На відміну від технічних розробок і виробничих процесів розглянуті в статті об'єкти слабо формалізуються й можуть частково міняти свої властивості, методи, зв'язки в процесі функціонування. Наприклад, вибір певної форми інтеграції окремим суб'єктом підприємницької діяльності м'ясопродуктового підкомп-

лексу залежить від макроекономічної ситуації, обраної ним стратегії розвитку виходячи з його виробничих та фінансових можливостей.

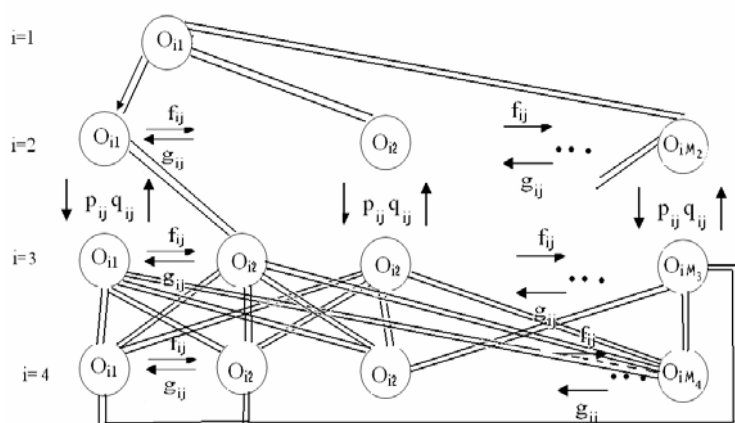


Рис.6. Двойные линии означают двусторонние связи

В сучасних умовах на Україні найбільш поширеними є:

- інтеграція підприємств на основі довгострокових контрактів, що найбільш поширено у взаємовідносинах між сільськогосподарськими та переробними підприємствами. В межах контракту переробні підприємства можуть авансувати сільгосптоваровиробників в рахунок майбутніх закупівель, надаючи тим самим безкоштовні кредити;
- вертикально-інтегровані підприємства з повним технологічним циклом виробництва продукції;
- асоціації товаровиробників. Основна їх задача полягає в захисті корпоративних інтересів галузі та розробці методичних основ галузевого виробництва.;
- створення агропромислово-фінансових груп шляхом інтеграції промисловим та банківським капіталом агропромислових підприємств.;
- інтеграція між сільськогосподарськими та переробними підприємствами з організації фірмової торгівлі виробленою продукцією.

При цьому існує ряд факторів, що стримує розвиток зазначених структур в Україні. Зупинити негативні тенденції дезінтеграції спроможна відповідна аграрна політика держави, основними положеннями якої мають включати:

- проведення заходів, спрямованих на стимулювання зростання обсягів інвестиції в аграрну сферу економіки держави, зокрема в м'ясопродуктовий підкомплекс;
- захист внутрішнього ринку від імпорту сільськогосподарської продукції за демпінговими цінами;
- підтримка доходів населення країни з метою підвищення платоспроможного попиту.

У системі ДО кожний новий об'єкт O_{4j} ($j=1, 2, \dots, M_4$ – рис. 6.) автоматично зв'язку з усіма об'єктами класу "Курси дисциплін". Однак зв'язку між об'єктами O_{4j} можуть мати динаміку.

Тому, на відміну від ВЛАП, спрямованих на технічні розробки, для зазначених об'єктів доцільніше використовувати діалогове оперативне керування з деяким ступенем автоматичного підстроювання.

Висновки. Таким чином, інтеграційні процеси є об'єктивним економічним явищем, що супроводжує науково-технічний прогрес.

При цьому, у зв'язку з ускладненням взаємодії, моделювання об'єктів господарської діяльності при плануванні й при оперативному керуванні стає значимою ланкою господарського механізму.

Основними перевагами даної форми організації виробництва є:

- зниження трансакційних витрат за рахунок ліквідації посередників між ланками технологічного ланцюга;
- досягнення відповідності кількості та якості продукції та послуг до реальних потреб споживачів;
- узгоджений розвиток всіх галузей виробництва (Стосовно м'ясопродуктового підкомплексу сбалансованное развитие всех составляющих).

Л і т е р а т у р а

1. Ансофф И. Стратегическое управление. Сокр.пер. с англ./Науч.ред и автор предисл. Л.И. Евенко. –М.: Экономика, 1989. -519 с.
2. Економічний розвиток України: інституціональне та ресурсне забезпечення: монографія / О.М. Климов, А.І. Даниленко, В.М. Трегобчук та ін. – К.: Об'єднаний ін-т економіки НАН України, 2005. -540 с.
3. Коваленко Ю.С. Аграрний ринок України: організація та управління. – К.: ІАЕ УААН, 1998. – 108 с.
4. Малік М.Й., Орлатий М.К., Федієнко П.М. Інтеграція як фактор підвищення ефективності реформованих сільськогосподарських підприємств. - К.: ІАЕ УААН, 2000. – 40 с.
5. Назаренко В.И. Аграрная політика Европейского союза. - СПб.: Изд-во Питер, 2005. – 456 с.
6. Вендров А.М. UML Distilled- СПб.: Изд-во Питер, 2002. – 325 с.
7. Palagin O.V., Galelyuka I.B., Romanov V.O. Structure and organization of typical Virtual Laboratory for Computer-Aided Design // Proceeding of the Therd IEEE Workshop on "Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications", IDAACS'2005. – Sofia, Bolgaria. _ 2005, September 5 -7. –p.460-463.

УДК 631.115.61

Лакно В.А., Ширяєв Д.А.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЗЕРНОВОЇ МАСИ, ЩО ЗБЕРІГАЄТЬСЯ, МАСИ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЕЛЕВАТОРАМИ

В работе рассмотрены некоторые аспекты математического моделирования процессов тепло и массообмена в силосах элеваторов. Предлагаемая математическая модель может использоваться в автоматизированных системах управления элеваторами и зернохранилищами, а также на стадии проектирования данных объектов.

Автоматизовані системи управління технологічними процесами на сучасних елеваторах, зерносховищах, комбикормових заводах, перевантажувальних комплексах і інших підприємствах, що виконують переробку і зберігання зерна, забезпечують контроль і підтримку в заданих межах параметрів зерна, що зберігається, а також управління потоково-транспортними системами.

Для встановлення якісних і кількісних можливостей системи автоматизованого регулювання параметрів повітря в силосах елеватора і раціонального використання теплової енергії від різних джерел необхідно мати уявлення про процеси тепло- і масообміну, що відбуваються в приміщенні силосу.

На елеваторах найпоширенішим методом сушки зерна є технологія, при якій виробляється повітряно-теплове сушіння зразка матеріалу до досягнення рівноваги з навколишнім середовищем. Ця рівновага умовно вважається рівноцінною повному видаленню вологи. На практиці застосовується висушування до постійної ваги; частіше застосовують так звані прискорені методи сушіння. В цьому випадку сушіння закінчують, якщо два послідовні зважування досліджуваного, зразка дають однакові або дуже близькі результати. Оскільки швидкість сушіння поступово зменшується, передбачається, що при цьому видаляється майже вся волога, що міститься в зразку. Тривалість визначення цим методом становить звичайно від декількох годин до діб і більше. У прискорених методах сушіння ведеться протягом визначеного, значно коротшого проміжку часу, при підвищеній температурі (наприклад, стандартний метод визначення вогкості зерна сушінням розмолотого навішування при $+130^{\circ}\text{C}$ протягом 40 хв). Востанні роки для прискореного сушіння зерна стали застосовувати інфрачервоне проміння.

Включення ЕОМ в систему управління таким складним об'єктом як елеватор, вимагає від розробника: по-перше, наповнити її програмами, пов'язаними з технологією управління, погодити її динамічні характеристики з динамікою роботи реального об'єкту і, нарешті, погодити фізичну форму сигналів, що поступають від об'єкту, а ЕОМ і даних, які видаються з ЕОМ на об'єкт.

Нехай в деякий дискретний момент часу t (оскільки ЕОМ працює в дискретному часі, то має сенс розглядати роботу всієї системи управління також в дискретному часі) на вхід системи управління надходить набір сигналів, що характеризується вектором:

$$\langle \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m, r_1, r_2, \dots, r_q \rangle.$$

Назвемо цей набір ситуацією у момент часу t і позначимо її як $S(t)$. Як моментальний фотографічний знімок $S(t)$ містить всю інформацію про об'єкт управління, яку можна зібрати у цей момент часу. Задача системи управління полягає в тому, щоб на підставі знання про $S(t)$ і деяких додаткових знань про об'єкт видати з можливо меншим запізнюванням управляючі дії на об'єкт, утворюючі вектор $\langle u_1, u_2, \dots, u_l \rangle$. Цей вектор ми називатимемо рішенням у момент часу t і позначати як $U(t)$. Формально задача управління полягає в тому, щоб при появі на вході ЕОМ ситуації $S(t)$ ЕОМ видавала на виході деяке рішення $U(t)$, яке було б технологічно допустиме, а за наявності декількох допустимих рішень, видавала якнайкраще рішення з погляду деякого критерію управління Φ . Якщо при заданому Φ вибір $U(t)$ по $S(t)$ одно-

значний і процес цього вибору відомий розробнику, то залишається тільки запрограмувати цей процес і вкласти його в пам'ять ЕОМ.

Підхід, пов'язаний із введенням у пам'ять ЕОМ вирішальної таблиці, виявляється неефективним [1]. Тому необхідно шукати інший підхід до рішення виниклої проблеми. Цей інший підхід пов'язаний із введенням у пам'ять ЕОМ двох моделей: моделі об'єкту управління і моделі ухвалення рішень по управлінню. На мал. 1 показана схема взаємодії цих моделей. Модель об'єкту в пам'яті ЕОМ на етапі обчислення вихідних значень по результатах, одержаних з моделі ухвалення рішень, повинна імітувати реальну поведінку об'єкту, передбачаючи значення виходів цього об'єкту, одержувані в результаті дії на об'єкт від системи управління. Ці передбачені значення виходів об'єкту, утворюючи вектор $\langle \beta_1(t+1), \beta_2(t+1), \dots, \beta_m(t+1) \rangle$,

подаються на модель ухвалення рішення і одночасно на блок корекції. Блок корекції порівнює прогноз, одержуваний від моделі об'єкту, з реальними значеннями виходу об'єкту, які з'являються в результаті деяких управляючих дій на об'єкт управління. Інформація про розузгодження прогнозу і реальності передається в модель ухвалення рішень. Ця

інформація утворює вектор $\langle w_1, w_2, \dots, w_h \rangle$. При необхідності модель ухвалення рішень здійснює коректування моделі об'єкту. Відповідний вектор позначений на рис. 1 як $\langle v_1, v_2, \dots, v_s \rangle$. Коректуючий блок в цій структурі не потрібен тільки тоді, коли модель об'єкту апіорно повна.

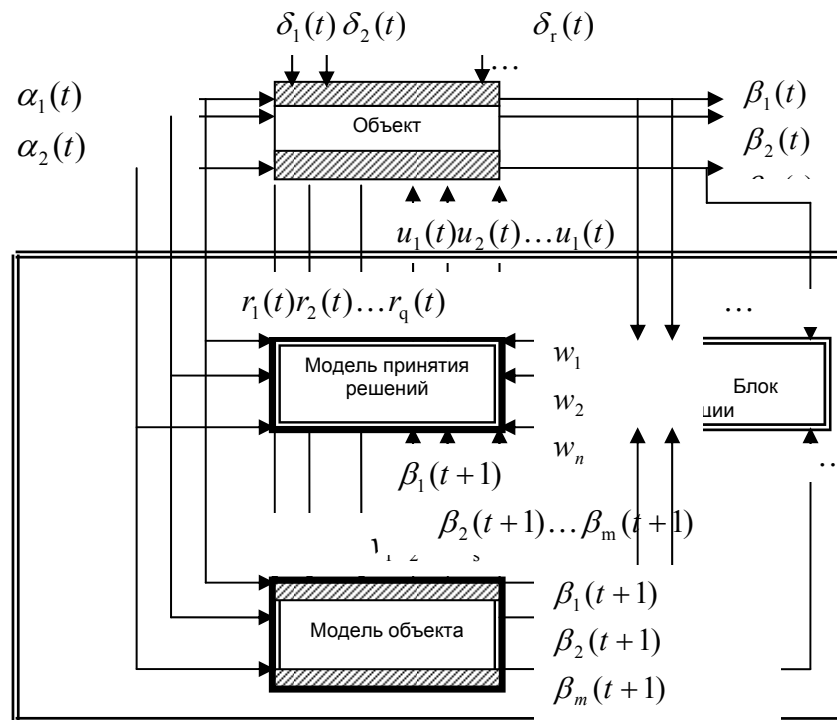


Рис. 1. Схема взаємодії моделі об'єкту управління і моделі ухвалення рішень по управлінню елеватором

Обробка первинної інформації параметрів зернової маси, головними з яких є температура і вологість, здійснюється по сигналу, одержаному з командного приладу, наприклад, датчика серії GC-ME, див. рис. 2.



Рис. 2. Датчик температури і вологості серії GC-ME

У даних умовах застосування математичних моделей для вибору раціональних параметрів автоматизованої системи управління температурними режимами елеватора (АСУ ТРЕ) дозволяє одержати рішення, ефективно по широті врахування впливаючих чинників, часу виконання і витрат засобів.

Модель об'єкту в пам'яті ЕОМ на етапі обчислення вихідних значень по результатах, одержаних з моделі ухвалення рішень, повинна імітувати реальну поведінку об'єкту, передбачаючи значення виходів цього об'єкту, одержувані в результаті дії на об'єкт від системи управління [2].

При математичному моделюванні АСУ ТРЕ розглядається як складний комплекс різнорідних елементів. Всяка зміна будь-якого параметра або елемента установки в тому або іншому ступені впливає на характеристики елеватора.

У кожному к-ом елементі устаткування АСУ ТРЕ характер і кількісні залежності процесів визначаються законами термодинаміки, гідродинаміки і т.д. Залежності між параметрами зв'язків можна однозначно і однаково описати системою рівнянь енергетичного, витратного балансів в елементах АСУ ТРЕ, а також рівняннями зміни ентальпії кожного з видів енергоносіїв (повітря, маса зерна що зберігається, матеріал стінок силосу і т.д.). Система балансів в елементах силосу встановлює таке співвідношення між термодинамічними і витратними параметрами зв'язків, яке забезпечує отримання заданого навантаження системи регулювання температур повітря з певними конструктивно-компонувальними характеристиками.

Між параметрами і численними технологічними характеристиками окремих елементів АСУ ТРЕ мають місце достатньо складні залежності різного роду. Встановлення цих залежностей є задачею сумісного теплового, гідравлічного, аеродинамічного і міцнісного розрахунків елементів АСУ ТРЕ при їх розробці.

У загальному вигляді систему балансових рівнянь для АСУ ТРЕ можна представити таким чином [3]:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^{J_k - N_k} (\gamma \cdot G \cdot I)_j + \sum_{n=1}^{N_k} (\gamma \cdot P)_n = 0; \\ \sum_{j=1}^{J_{k1}} G_j = 0; \\ (p' \pm \Delta p - p'')_{k1} = 0; \\ (I' \pm \Delta I - I'')_{k1} = 0, \end{cases} \quad (1)$$

де γ - коефіцієнт, що враховує втрати теплової енергії в навколишнє середовище;

G - витрата енергоносія, м³/с;

I - ентальпія енергоносія, Дж/кг;

P - потужність системи, кВт;

p - тиск енергоносія, Па;

I - відповідний енергоносіє.

Процес теплообміну в пористій структурі, якою є маса зерна, що зберігається, описується наступною системою рівнянь:

$$\begin{cases} c_{ржж} G \frac{dT_{сжж}}{dx} = \lambda_{эфв} \frac{d^2 T_{сжж}}{dx^2}; \\ q_u = \alpha_u \Delta T_u; \\ \frac{d^2 T_{св}}{dx^2} = 0; \end{cases} \quad (2)$$

де $T_{сжж}$, $T_{св}$ - температура структури, заповненої вологою (рідиною) і повітрям, відповідно, До;

$\lambda_{эфжж}$, $\lambda_{эфв}$ - теплопровідність структури, заповненої рідиною і повітрям, відповідно, Вт/мК;

$c_{ржж}$, $c_{рв}$ - теплоємність рідини і повітря, відповідно, Дж/кгК;

q_u - тепловий потік, що йде на випаровування рідини із зернової маси, Вт/м²;

α_u - коефіцієнт тепловіддачі при випаровуванні, Вт/м²К.

Для вирішуваної задачі прийняті наступні граничні умови:

на нижній межі зернової маси: $x = 0, q = -\lambda_{эфв} \frac{dT_v}{dx}, T_{св} = T_{c1}$;

у зоні вентилявання: $x = x_s, T_{св} = T_k, q_{нжж} = -\lambda_{эфжж} \frac{dT_{жж}}{dx}$,

де $q_{нжж}$ - тепловий потік на нагрів зернової маси від $T_{жжн}$ і T_k ;

на верхній грані: $x = \delta, T_{сжж} = T_{жс1}$.

Для вибраних граничних умов аналітичні рішення системи рівнянь (2) має вигляд:

$$\begin{cases} T_{сж} = T_{ж1} + \frac{q_{нж}}{\lambda_{эфж} f_{ж}} e^{f_{ж}(\delta-x)} (e^{f_{ж}(\delta-x)} - 1) \\ T_{св} = T_{с1} - \frac{q}{\lambda_{эфв}} x, \end{cases} \quad (3)$$

де

$$f_{ж} = \frac{Gc_{рж}}{\lambda_{эфж}}.$$

По описаній моделі складений алгоритм розрахунку тепловіддачі зернової маси, який використовується як вхідний параметр АСУ ТРЕ.

1. Визначається сумарний тепловий потік, що підводиться до зернової маси, Вт/м²:
2. $q = G[c_{рж}(T_k - T_{жн}) + r]$,
3. де r - теплота випаровування рідини із зернової маси, Дж/кг.
4. Визначається $\alpha_u = f(q_u)$, Вт/м²К (з емпіричних залежностей).
5. Визначається $\Delta T_u = q_u / \alpha_u, K$.
6. Визначається положення зони випаровування з рівняння, м:
7. $x_s = \lambda_{эфв} \frac{T_{с1} - (T_k + \Delta T_u)}{q}$,
8. Визначається тепловий потік на верхній грані Вт/м²:
9. $q'_{нж} = Gc_{рж}(T_{ж1} + T_{жн})$.

Таким чином, розроблені математична модель і алгоритм розрахунку процесу випаровування рідини з пористої структури зернової маси, зберігаємої в елеваторі або зерносховищі, можуть бути використані для управління параметрами цього процесу в АСУ ТРЕ, а також проведення конструктивних і перевірочних розрахунків систем підтримки температури повітря і вогкості в елеваторах, що будуються і використовуваних, оснащених АСУ.

Л і т е р а т у р а

1. Глушков В.М. Введення в АСУ. Видавництво 2-е, виправлене і доповнене. М.:Техника, 1974. – 320 з.
2. Ткаченко А.Н., Кондратенко Г.В. Метафільтрація в лінійних динамічних системах // Тез. докл. II гір. семінару "Застосування вич. техніки і математичного моделювання в прикладних наукових дослідженнях", Одеса, 1995.–з. 22-23.
3. Леонтьев А.І. Теорія тепломасообмена.М.: Висш. Школа, 1979. –495 з.

Олійник В.М.

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ СПОЖИВАННЯ ПРОДУКТУ ФІНАНСОВИМИ ПОСЕРЕДНИКАМИ

В статті розглянута трьохперіодна модель економіки з одним узагальненим продуктом. Використання одиниць продукції може здійснюватися в різні моменти часу і носить випадковий характер. В якості критерію оптимізації виступає функція корисності. Знайдене оптимальне рішення показує розподіл частин одиниць продукції в різні моменти часу. Наводяться деякі чисельні результати.

Вступ

В даній роботі розглянуто доволі проста модель діяльності фінансових посередників на ринку споживання продуктів. Під фінансовими посередниками будемо розуміти економічних агентів, які спеціалізуються на продажу та придбанні фінансових контрактів та цінних паперів. В реальній економіці, при трансформації активів, виникає необхідність в залученні посередників як фінансових агентів. В роботах відомих вчених банки розглядаються як економічні інститути, які можуть здійснювати трансформацію фінансових активів. В рамках моделей що розвивають мікроекономічну теорію банків, модна виділити три принципівих направлення :

- розглядаються моделі банків в якості сукупних фондів, які забезпечують захист своїх клієнтів від випадкових ринкових коливань;
- банки складають коаліцію власників інформації. Це направлення особливо актуальне, коли тільки окремі позичальники володіють інформацією про проект в який припускається інвестувати вкладення;
- банки - це посередницькі фірми, яким клієнти в випадку ефекту зростання прибутку від масштабу діяльності, делегують функції контролю (моніторингу) за поведінкою підприємців, в проекти яких вони зробили інвестування.

Постановка задачі

Розглянемо абстрактну модель трьохперіодної економіки $(t_i, i = 0,1,2)$ з одним умовним узагальненим продуктом [2]. Припустимо, що агент має одну одиницю продукту, долі від якого (I_i) він може використовувати в моменти часу t_i з ймовірністю μ_i відповідно. Прибуток від інвестування в деякий проект в випадку раннього споживання (до завершення проекту) дорівнює Π_1 , а в випадку пізнього споживання (після завершення проекту) - Π_2 . В початковий момент часу прибуток дорівнює Π_0 . Таким чином в різні моменти часу маємо наступний прибуток:

$$\Pi_i = \mu_i I_i L_i \quad (1)$$

де L_i - прибуток одиниці продукту в момент часу t_i .

Кількість одиниць продукту можна знайти за формулою:

$$C_i = \Pi_i / L_i \quad (2)$$

Ефект від споживання продукту агентом може вимірюватись за допомогою загальної функції корисності $U(C)$, яка передбачається опуклою та зростаючою. Припустимо, що вибір агентом типу споживання відбувається під впли-

вом причин, що мають випадковий характер. Тоді математичне сподівання загальної корисності споживання продукту агентом може бути знайдено за формулою:

$$U(C_0, C_1, C_2) = \sum_{i=0}^2 \mu_i \rho_i U(C_i) \quad (3)$$

де ρ_i - коефіцієнт дисконтування.

Таким чином оптимізація розподілу продукту фінансовими посередниками (агентами) з точки зору їхньої корисності, зводиться до рішення наступної задачі:

максимізація цільової функції (3) при обмеженнях

$$\begin{cases} \sum_{i=0}^2 I_i = 1 \\ \sum_{i=0}^2 \mu_i = 1 \\ C_i, \rho_i, \mu_i \geq 0 \end{cases} \quad (4)$$

Рішення задачі. Задачу максимізації функції корисності споживання продукту, при обмеженнях (4), можна звести до знаходження екстремуму функції однієї змінної. В більш ширшому випадку (коли наявно не можливо виразити одну змінну відносно другої), для рішення задачі можна використовувати функцію Лагранжа у вигляді [1]:

$$F = \sum_{i=0}^2 \mu_i \rho_i U(C_i) - \lambda (\sum_{i=0}^2 I_i - 1) \quad (5)$$

де λ - множник Лагранжа.

Умова екстремуму функції Лагранжа (5) зводиться до співвідношень:

$$\begin{cases} \rho_1 \mu_1^2 U'(C_1) = \rho_2 \mu_2^2 U'(C_2) \\ \sum_{i=0}^2 C_i / \mu_i = 1 \end{cases} \quad (6)$$

Деякі результати.

В якості прикладу функцію корисності можна взяти у вигляді функції типу Неймана-Моргенштерна:

$$U(C) = 1 - \exp(-aC) \quad (a = \text{const}, a > 0) \quad (7)$$

Рішення системи (6) з урахуванням (7) має вигляд:

$$\begin{cases} C_1 = C_2 - \ln[(\rho_2 \mu_2^2) / (\rho_1 \mu_1^2)] / a \\ C_2 = [(1 - C_0 / \mu_0) + \mu_1 \ln[(\rho_2 \mu_2^2) / (\rho_1 \mu_1^2)] / (a \mu_1)] / (1 / \mu_1 + 1 / \mu_2) \end{cases} \quad (8)$$

Умова невід'ємності кількості одиниць продукції виявляється у вигляді обмежень на коефіцієнти дисконтування:

$$\exp[-a\mu_1(1-I_0)] \leq (\rho_2\mu_2^2)/(\rho_1\mu_1^2) \leq \exp[a\mu_2(1-I_0)] \quad (9)$$

Розглянемо деякі поодинокі випадки.

А. Агент інвестує тільки долю продукту I_1 в момент часу t_1 до завершення проекту, а доля $I_2 = 0$. Математично задача має наступне рішення:

$$\begin{cases} C_0 = C_1 - \ln[(\rho_1\mu_1)/(\rho_0\mu_0)]/a \\ C_1 = \{1 + \ln[(\rho_1\mu_1^2)/(\rho_0\mu_0^2)]/(a\mu_0)\}/(1/\mu_0 + 1/\mu_1) \end{cases} \quad (10)$$

Умова невід'ємності C_0 та C_1 зводиться до наступних обмежень на коефіцієнти дисконтування:

$$\exp(-a\mu_0) \leq (\rho_1\mu_1^2)/(\rho_0\mu_0^2) \leq \exp(a\mu_1) \quad (11)$$

В. Агент інвестує долю продукту I_1 в момент раннього споживання, а частину продукту що залишилась $I_2 = 1 - I_1$, в момент часу пізнього споживання t_2 . Оптимальне рішення має вигляд (8) при обмеженні на коефіцієнти дисконтування (9), якщо $C_0 = 0$.

С. Агент від загальної долі забирає частину продукту I , яку може інвестувати в проект в момент часу t_1 з ймовірністю μ_1 або в момент t_2 з ймовірністю μ_2 . З урахуванням обмежень маємо:

1. якщо $\mu_0 = 1, I = 0$, тобто агент не інвестує проект та отримує прибуток Π_0 з інших джерел;

2. якщо $\mu_0 = 0, I = 1$, тобто агент всю долю продукту інвестує в проект і отримує прибуток Π_1 з ймовірністю μ_1 , а прибуток Π_2 з ймовірністю μ_2 . В даному випадку задача (3)-(4), зводиться до знаходження локальних екстремумів із співвідношення

$$\frac{dU(C_1, C_2)}{d\mu_1} = 0 \quad (12)$$

Якщо:

- $\rho_1 = \rho_2$, то $\max U(\mu_1) = U(0) = U(1)$
- $\rho_1 < \rho_2$, то $\max U(\mu_1) = U(0)$
- $\rho_1 > \rho_2$, то $\max U(\mu_1) = U(1)$

Чисельні результати.

Випадок **С.** В якості чисельної реалізації розглянемо графік функції корисності

$$U(\mu_1) = \mu_1\rho_1(1 - \exp(-a\mu_1)) + (1 - \mu_1)\rho_2(1 - \exp[-a(1 - \mu_1)]) \quad (13)$$

при різних значеннях параметрів a, ρ_1, ρ_2 .

На рис.1,2 наведено залежність функції (13) при $\rho_1 = \rho_2 = 1$ та $\rho_1 = 1, \rho_2 = 0,9$ відповідно.

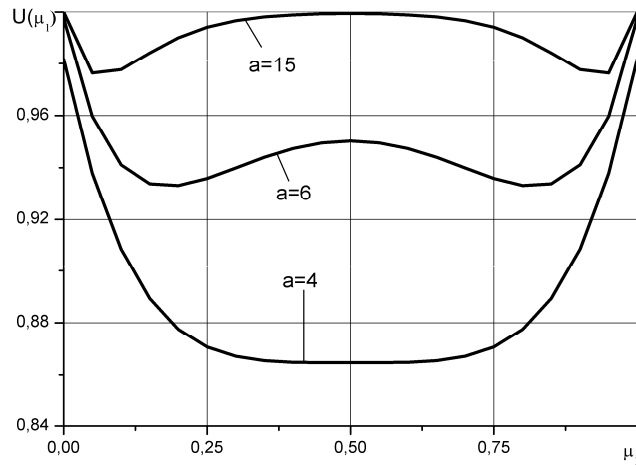


Рис.1. Розподіл $U(\mu_1)$ при $\rho_1 = 1; \rho_2 = 1$

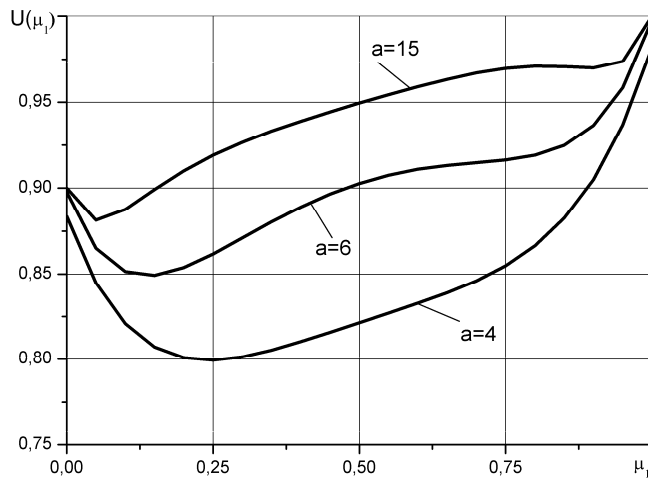


Рис.2. Розподіл $U(\mu_1)$ при $\rho_1 = 1; \rho_2 = 0,9$

Згідно рис.1 локальні екстремуми при $a = 6$ знаходяться із співвідношення (12) і відповідають значенням $\mu_1^* = 0,18; \mu_1^{**} = 0,5; \mu_1^{***} = 0,82$.

Випадок В. Функція корисності має вигляд

$$U(C_1; C_2) = \sum_{i=1}^2 \mu_i \rho_i [1 - \exp(-aC_i)] \quad (14)$$

де C_1, C_2 знаходяться із (8). На рис.3 наведено розподіл часток одиниці товару I_1, I_2 , які максимізують функцію корисності (14) при значеннях $a = 7; \rho_1 = 0,9; \rho_2 = 0,8$.

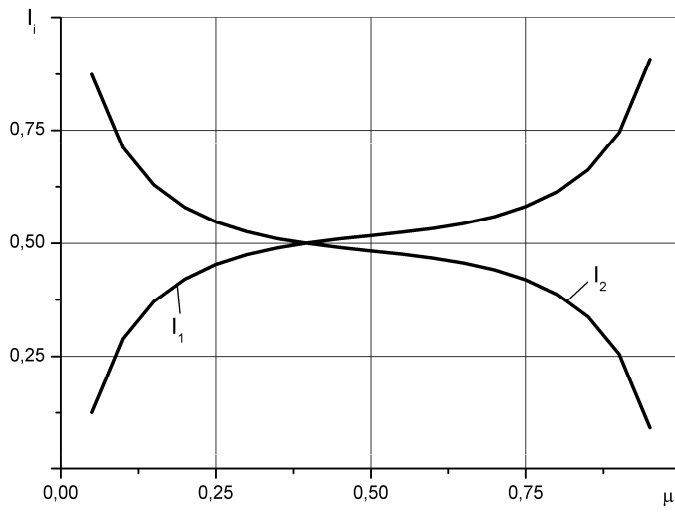


Рис.3. Розподіл часток продукту I_i

На рис.4 показано розподіл функції корисності (14) з обмеженнями типу (4) при $\rho_1 = 0,9$; $\rho_2 = 0,8$ та різних значеннях параметру a .

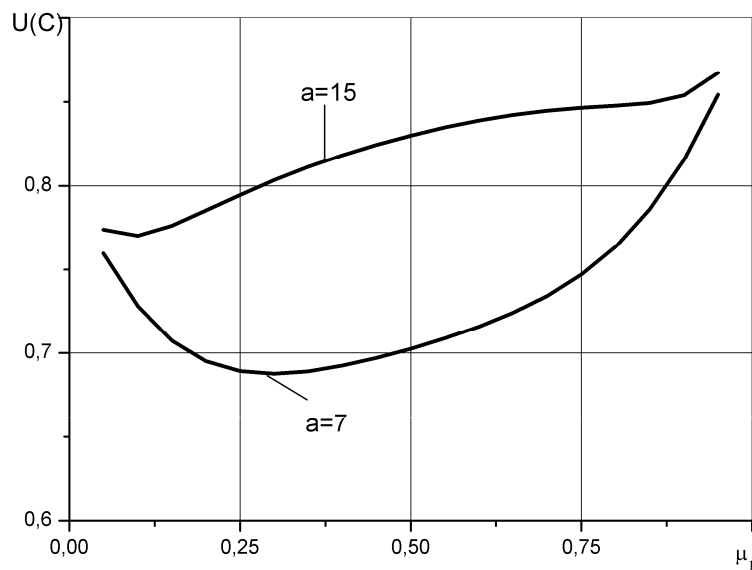


Рис.4. Розподіл функції корисності $U(C)$

Висновок. Отримані результати дають можливість зробити висновок, що оптимальний розподіл кількості одиниць продукції в різні моменти часу t_i , який максимізує функцію корисності, залежить від відповідних ймовірностей їх засто-

сування та накладає деякі обмеження на коефіцієнти дисконтування. Коефіцієнти дисконтування відображають різні етапи завершення всього проекту і обмеження на них можна пов'язати з ймовірністю інвестування (чи не інвестування) частин загального продукту в різні моменти часу.

Л і т е р а т у р а

1. Дослідження операцій в економіці: Підручник / За ред. І.К.Федоренка, О.І.Черняка. -К.: Знання, 2007. -558с.
2. Bryant J. A model of reserves, bank runs and deposit insurance //Journal of Banking and Finance, vol.4. pp.335-344, 1980.

УДК 336.76:65.01

Целиковська А.О., Бізянов Є.Є.

МОДЕЛЬ ОЦІНКИ РИЗИКУ ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЧІТКИХ МНОЖИН

У статті розглянута модель оцінки ризику інвестиційних проектів з використанням нечіткої математики та вплив коливання ставки дисконту на кількісний ступень ризику. Подана методика дозволяє відстежити зміну вихідного значення ризику від коливання нечіткої вхідної величини ставки дисконтування.

З проблемою коректного визначення коефіцієнту дисконтування (ставки дисконту, норми доходності) зустрічається кожний фінансовий аналітик при обчисленні поточної вартості майбутніх грошових потоків. Ця операція відбувається при оцінці ефективності проекту, а саме частіше за всього при обчисленні рівню ризику інвестиційного проекту. Коректність визначення цього показника – важлива річ, тому що від неї залежить кінцева величина поточної вартості грошового потоку, що є ціною угоди [1].

Як відомо, інвестиції завжди характеризуються не тільки конкретною доходністю, але і відповідним цієї доходності ризику. Отже, ставка дисконту –це міра не тільки доходності, але і ризику. Але в силу значної невизначеності ринкових відносин сучасної економіки України, точно встановити ставку дисконтування при рішенні вкласти гроші в якийсь проект майже неможливо. Саме тут стає до пригоди нечітка математика, що дозволяє оцінити вірогідність подій в широкому діапазоні коливань параметрів[2].

Як вплине зазначений інтервал норми дисконту на вихідний результат?

Як зміниться він від точності прогнозу експертів-аналітиків, які зроблять прогноз, якщо результат їх спостережень та передбачень буде подано у вигляді трикутно-симетричного числа (з рівною можливістю настання варіанту з діапазону даних), чи трикутно-несиметричним числом, з найбільш очікуваним значенням ставки дисконту. Ці питання є актуальними при обліку ризику та виявленні найбільш впливових факторів на рівень ризику ефективності проекту.

Проведемо аналіз чуттєвості, при котрому прослідкуємо вплив варіації норми дисконтування на стійкість оцінок ефективності проекту. Аналіз зміни фактора ризику від варіації норми дисконтування відстежимо в наступних випадках:

1 Якщо ставка дисконтування представлена трикутно-симетричним числом з рівномірним коливанням інтервалу дослідження:

$$r = (r_{\min}, r_{\text{av}}, r_{\max}),$$

де r_{\min} , r_{\max} , r_{av} – відповідно мінімальне, максимальне та середнє значення очікуваної ставки дисконту.

Це дозволить з'ясувати як зміниться ризик ефективності проекту від коливання інтервалу ставки r та від зміни коефіцієнта стійкості ставки дисконтування;

2 Якщо норма дисконтування є трикутно-несиметричним числом, як вплине найбільш очікуване значення r_n на кількісний вимір ризику проекту.

Спершу розглянемо випадок з трикутно-симетричним числом норми дисконтування.

Нехай $r = (r_{\min}, r_{av}, r_{\max})$, де r_{av} – середнє число, згідно з теорією нечітких множин, основоположником якої є Л.А.Заде [2].

Ризик ефективності проекту розраховуємо на основі метода Воронова та Максимова програмної моделі «МАСТЕР ПРОЕКТІВ: Попередня оцінка», яка широко використовується в автоматизованому інвестиційному аналізі [3].

Зауваження: Дослідження проведемо для неявних випадках виміру ризику. Тобто не враховуємо випадок, коли критерій ефективності G , що використовується в якості границі ефективності менше мінімального значення чистої приведеної вартості (NPV_{\min}), в даному випадку ризик проекту дорівнює нулю. Та коли критерій ефективності більше максимального значення чистої приведеної вартості ($G \geq NPV_{\max}$), де ризик = 1. Розрахунки проведемо для $NPV_{\min} \leq G \leq NPV_{av}$, що є найбільш очікуваною ситуацією при виборі варіантів інвестування.

При цьому ризик розраховуємо за формулою:

$$V \& M = R \times \left(1 + \frac{1 - \alpha_1}{\alpha_1} \times \ln(1 - \alpha_1)\right), \quad (1)$$

де $V \& M$ - коефіцієнт ризику проекту;

R -проміжний показник ризику;

α_1 - верхня границя ефективності.

Коефіцієнт α_1 розраховуємо за формулою:

$$\alpha_1 = \frac{G - NPV_{\min}}{NPV_{av} - NPV_{\min}} \quad (2)$$

Коефіцієнт R розраховуємо за формулою:

$$R = \frac{G - NPV_{\min}}{NPV_{\max} - NPV_{\min}} \quad (3)$$

Чиста приведена вартість проекту NPV :

$$NPV = -I + \sum_{i=1}^N \frac{\Delta V_i}{(1+r)^i} + \frac{C}{(1+r)^{N+1}}, \quad (4)$$

де I - стартовий об'єм інвестицій, N - число планових інтервалів інвестиційного процесу, строку життя проекту; ΔV_i – обігове сальдо надходжень та платежів в i -му періоді, r – ставка дисконтування; C – ліквідаційна вартість чистих активів (вартість основних коштів на балансі підприємства).

Залежність ризику проекту від норми дисконтування розглянемо на прикладі:

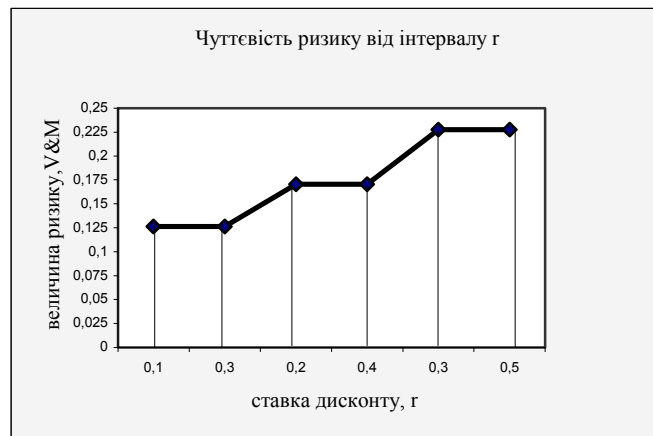
$N=2$ –срок інвестиційних вкладень, років;
 $I= (1,1,1)$ – інвестиційні ресурси;
 r_t – ставка дисконтування;
 $\Delta V_i= (0, 1,2)$ –зворотне сальдо;
 $C= (0,0,0)$ – залишкова вартість проекту;
 $G= (0, 0, 0)$ – критерій ефективності. Тобто границею ефективності буде позитивне значення NPV.

Нехай початкова ставка $r=(0,1; 0,2; 0,3)$. Будемо збільшувати цей інтервал на 25% та дивитись, як зміниться ризик проекту, розрахований за формулами (1-4). Результати розрахунку подано у таблиці 1.

Чуттєвість ризику від коливання у норми дисконтування

№	г1	г2	NPV _{ср}	NPV _{макс}	V&M	Еластичність, %
1	0,1	0,3	0,527778	2,471074	12,65	14,00
2	0,15	0,35	0,44	2,251418	14,71	13,67
3	0,2	0,4	0,360947	2,055556	17,05	13,54
4	0,25	0,45	0,289438	1,88	19,71	13,36
5	0,3	0,5	0,22449	1,721893	22,75	13,36

З таблиці 1 бачимо, що при збільшенні значення γ_{\min} та γ_{\max} на 25 %, значення ризику проекту збільшується майже пропорційно на $\approx 13\text{-}14\%$, постійно зменшуючи залежність змін від коливання γ . Ефект змін подано на рисунку 1.

Рис.1. Чуттєвість ризику відповідно інтервалу γ

Тепер розглянемо випадок чуттєвості ризику проекту від коливання коефіцієнту стійкості інтервалу норми дисконтування, який знаходиться за наступною формулою:

$$\lambda = \frac{\Delta}{r_{av}}, \quad (5)$$

де Δ - кількісне значення варіації γ_{\max} та γ_{\min} від середнього;
 r_{av} - середнє число інтервалу.

Значення Δ знайдемо як відношення:

$$\Delta = r_{av} - \gamma_{\min} = \gamma_{\max} - r_{av}, \quad \gamma = r_{av} \pm \Delta \quad (6)$$

Розглянемо залежність на тому ж прикладі, з фіксованим початковим значенням інтервалу та наступними змінами:

$$r=(10; 15); r=(10; 20); r=(10, 30).$$

Коефіцієнт стійкості складе відповідно:

$$\lambda_1=12,5\pm 2,5; \quad \lambda_2=15\pm 5; \quad \lambda_3=20\pm 10;$$

$$\lambda_1=2,5/12,5=0,2. \quad \lambda_2=5/15=0,33. \quad \lambda_3=10/20=0,5.$$

Ступінь коливання тим більш, чим більше значення коефіцієнта λ . Зане-
семо розраховані за формулами (1-4) нові дані про ризик проекту в таблицю 2.

Т а б л и ц я 2

Розрахунок еластичності зміни V&M від стійкості λ

№	λ	NPV _{ср} ,	NPV _{макс}	V&M,%	Еластичність,%	
					λ	V&M
1	0,2	0,679012	2,471074	11,1	40	5
2	0,33	0,625709	2,471074	11,6	34	8
3	0,5	0,527778	2,471074	12,65	---	---

Отримані дані подано на рисунку 2:

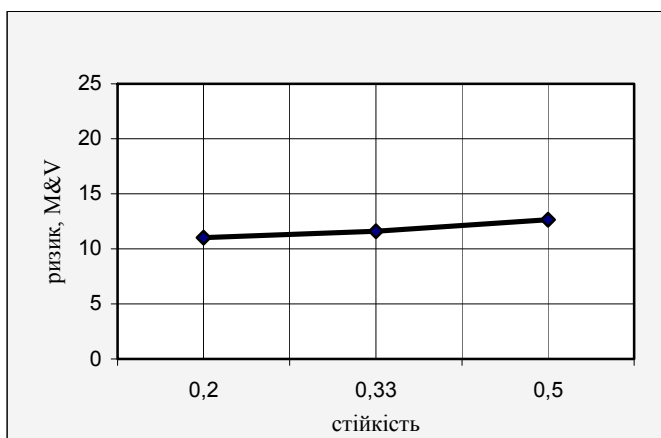


Рис. 2.Еластичність по коефіцієнту стійкості

З рисунка 2 бачимо, що розмах значень інтервалу оцінок норми дискон-
тування не суттєво впливає на оцінений ризик, тобто враховуючи усі можливі
показники коливання ставки γ , ми не ризикуємо отримати невірний прогноз рівня
ефективності проекту.

Іншим випадком є представлення ставки дисконтування несиметрично-
трикутним числом (рисунок 3).

В нечіткій математиці таке число має вигляд:

$$\gamma = (\gamma_{\min}, \gamma_n, \gamma_{\max}),$$

де γ_n – найбільш очікуване число.

В лінгвістичному вираженні це може бути описано так: «Скоріш за все ставка
дисконтування буди рівна γ_n , але можливо знизиться до γ_{\min} , або в силу економічної
нестабільності (наприклад, інфляції) може прийняти і значення до γ_{\max} ».

У такому разі не можна задати діапазон значень норми дисконтування, щоб розрахувати приведеним вище методом оцінки ризику, тому що найбільш імовірнісне значення треба якось урахувати.

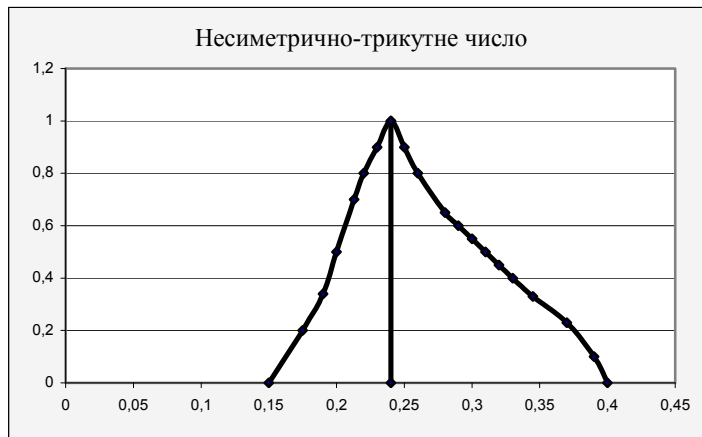


Рис. 3. Несиметрично-трикутне число норми дисконту

Тому розглянемо наступний випадок. Наприклад, є такий прогноз ставки $r = (10; 13; 20)$. Лінгвістично це оцінюється як: «розуміємо, що найбільш імовірне розв'язання майбутньої ситуації це ставка $r = 13\%$, в силу дії нестабільності та уроню невизначеності ставка r може прийняти значення до 20%, але можливіше знизиться до 10%».

Переведемо це в кількісну оцінку даного трикутного числа. На основі статистики експертної оцінки отримаємо імовірності настання α_{\min} , α_{\max} та найбільш очікуваного α_n , розрахуємо рівень ризику по попередньому методу окремо для кожного випадку, тоді отримаємо наступний результат.

Таблиця 3

Розрахунок ризику проекту при несиметрично-трикутному числі ставки дисконтування

Ставка дисконтування r , %	Імовірність настання, $\alpha=0 \div 1$	V&M, %
10	0,35	10,9
13	0,5	11,65
20	0,15	12,4

Ураховуючи імовірності α , отримаємо формулу для розрахунку ризику по трикутно-несиметричному інтервалу:

$$V\&M_{n/c} = V\&M_{\min} \cdot \alpha_{\min} + V\&M_n \cdot \alpha_n + V\&M_{\max} \cdot \alpha_{\max}, \quad (7)$$

де $V\&M_{n/c}$ – ризик несиметрично-трикутного інтервалу;

$V\&M_{\min}$, $V\&M_n$, $V\&M_{\max}$ – ризики проекту відповідно при мінімальному, найбільш очікуваному та максимально можливому значенню ставки r ;

α_{\min} , α_n , α_{\max} – імовірності настання відповідного значення ставки дисконту;

Результат розрахунку наступний:

$$V\&M_{н/с} = 10,9 \cdot 0,35 + 11,65 \cdot 0,5 + 12,4 \cdot 0,15 = 11,5 \%$$

Проаналізувавши можливі випадки з варіацією коефіцієнту дисконтування, можна зробити висновки про доцільність вибору між чітким але неточним параметром або нечітким, з урахуванням усіх можливих ситуацій.

Задавши коефіцієнт дисконтування трикутним числом, ми маємо можливість оцінити ризик інвестицій повністю, на основі отриманих експертами числових діапазонів. Якщо інтервал симетричний, то норма дисконту прямо пропорційно впливає на ризик. Коефіцієнт розсіювання можливих варіантів, які подані у вигляді інтервалу, тобто показник стійкості λ незначним чином впливає на результат, тому немає сенсу зменшувати інтервал, і не оцінити деякі хоч і мало імовірні, але можливі випадки.

Якщо є інформація про найбільш очікуване значення дисконту, експерти, подаючи відповідну інформацію повинні обґрунтувати зроблений прогноз достовірністю, яка виражена через імовірність настання такого випадку. Саме тоді з'являються привілеї використання трикутно-несиметричних чисел для достовірності зробленої оцінки. Саме цей спосіб є найбільш обґрунтованим та надійним.

Звичайно результати для усіх випадків відрізняються десятими долями процентів. Якщо підприємство розраховує отримати конкретну суму від інвестування або у випадку набуття ситуацією не добродійного результату, кількість загублених грошей може бути вирішальними для підприємства. Розраховуючи кількість прибутку або збитку, їх необхідно подавати у вигляді чітких чисел, тому що невизначеність є першим кроком на шляху втрати контролю та надання долі випадку «великого простору» для негативних дій.

Л и т е р а т у р а

1. Пиденко, А.В. Региональный инвестиционный рынок: сущность, критерии, оценка. – Ростов-на-Дону: РГЭУ «РИНХ», 2005.
2. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств: Пер. с франц. –М.: Радио и связь, 1982г. – 432 с., ил.
3. Недосекин А.О. Нечетко-множественный анализ фондовых инвестиций. – Санкт-Петербург, 2002г. -182 с.

УДК 334.716:330.322

Мардар Д.О.

МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ АКТИВНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА В СИСТЕМІ ІНВЕСТИЦІЙНОЇ СТРАТЕГІЇ

У статті розглядається вплив на економічну активність інвестиційної стратегії підприємства, необхідність розрахунку цього показника для забезпечення стабільної роботи підприємства, також запропоновано алгоритм аналізу й оцінки інвестицій для забезпечення економічної активності підприємства

Постановка проблеми У 2006 році доля збикових промислових підприємств по Україні склала (без державних установ) 34,7% [1]. Інвестиційна страте-

гія є ключовою для розвитку підприємств, а категорія економічна активність забезпечує постійний розвиток підприємств. У спільному випадку стратегія розвитку підприємства орієнтується на результативне і ефективне реагування на конкурентне оточення, інколи - на протистояння конкуренції, а також виживання і довготривалий розвиток на ринку. У ринковій економіці за найважливішу мету стратегії розвитку підприємства вважається зростання його ринкової вартості [2, 13]. Проте введення категорії економічної активності вимагає визначеного місця в основній стратегії підприємства, а отже і інвестиційній, що є гарантією ефективності і результативності реалізації стратегій.

Аналіз останніх досліджень Розробці інвестиційних стратегій присвячено безліч досліджень в різних областях економічної діяльності. Рішенню цього питання присвячені роботи Е.Островської [2], В. Савчука [3], Н. Свірідової [4], І. Бланка [5] і так далі Проте місце економічної активності в інвестиційній стратегії не визначене.

Мета Визначити вплив на економічну активність інвестиційної стратегії підприємства.

Основний текст Кожна організація повинна керувати своїми стратегіями у трьох напрямках [6]:

1. Внутрішні ресурси організації
2. Зовнішня середа, у якій вона функціонує
3. Здатність організації створювати вартість

Все це відбувається в рамках спільної стратегії підприємства і безпосередньо залежить від інвестиційної стратегії, що у свою чергу вимагає чіткої орієнтації на показники економічної активності підприємства. Неврахована зміна економічної активності спричиняє за собою зниження ефективності відтворювальних процесів, а отже прибутку та всіх економічних показників. Тому що економічна активність – це такий стан діяльності підприємства, при якому забезпечуються стійкі економічно обумовлені темпи його розвитку і відтворення.

Інвестиційна стратегія має містити чіткі критерії (частина з яких обов'язково повинна бути доступна кількісному виміру), у відповідності з якими керівництво буде здійснювати моніторинг конкретних планів та реалізації стратегії на протязі року, а також проміжні контрольні показники. Данні показники повинні показувати – відповідають чи ні економічні та фінансові результати, умови діяльності тим, що указані у плані дій; чи реалізуються практичні кроки, спрямовані на виконання інвестиційної стратегії; чи відповідає інвестиційна стратегія загальній стратегії підприємства взагалі та в певний проміжок часу.

При формуванні й практичній реалізації інвестиційної стратегії необхідно ґрунтуватися на специфіці галузі, всебічному аналізі особливостей зовнішнього економічного й правового середовища, внутрішніх особливостях конкретного підприємства.

У представленому дослідженні розглядаються об'єктивні зв'язки між елементами інвестиційної стратегії й економічної активності підприємства, обґрунтовуються положення по методах розрахунку показників перспективного плану формування інвестиційних ресурсів з урахуванням економічної активності.

У загальному виді ці зв'язки відображає принципова модель взаємодій економічних, організаційних, науково-технічних і правових умов діяльності підприємства (рис. 1).

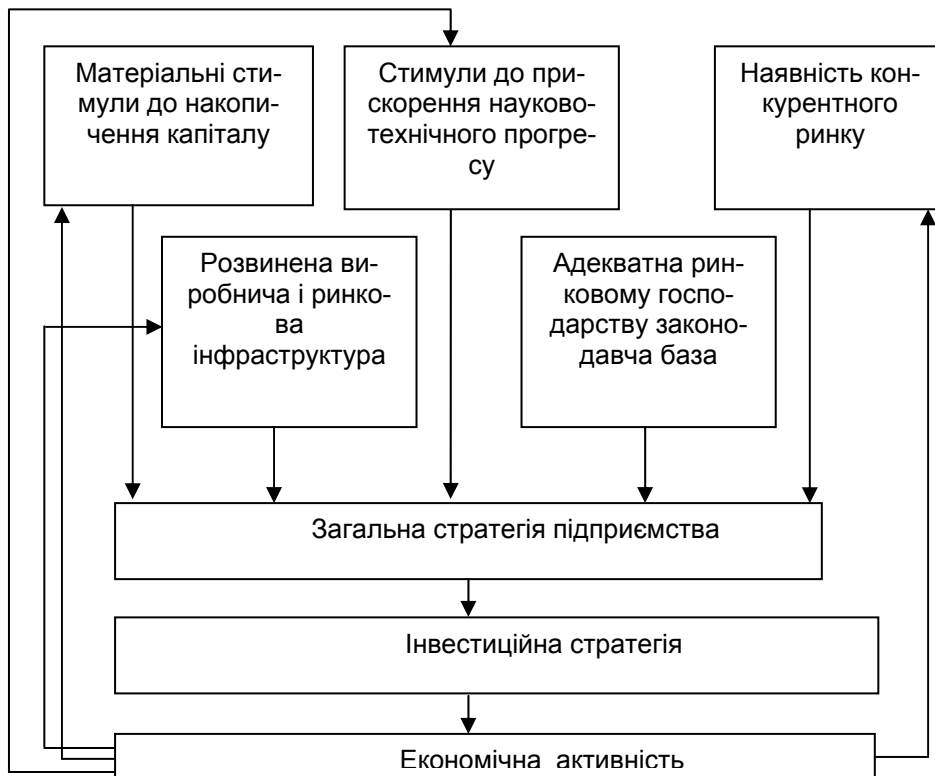


Рис. 1. Взаємозв'язок інвестиційної стратегії та економічної активності

Економічний зміст цієї моделі складається у визначенні обсягу необхідних додаткових інвестицій у розрахунковому періоді для усунення негативних відхилень у рівні економічної активності підприємства або забезпечення її росту, тобто $I=f(\Delta A)$, де ΔA – являє собою різницю між фактичним A_f і нормативним A_n значеннями економічної активності.

У зв'язку з великою інерційністю інвестиційних процесів, економічна активність підприємства, що залежить від них, не може ставитися до показників, які фіксуються за відносно короткі періоди часу (місяць, рік). Однак в інвестиційній стратегії передбачається здійснювати розрахунок середньорічних темпів її підвищення в результаті скорочення строку відтворення основних коштів на основі наступної залежності:

$$T = \sqrt[\lambda]{\frac{H}{H\phi}} - 1, \quad (1)$$

де T - середньорічний темп зниження фактичного строку відтворення основних фондів, од.;

H - нормативний строк відтворення основних фондів, років;

$H\phi$ - фактичний строк відтворення основних фондів, років;

λ - період досягнення нормативного строку відтворення основних фондів інвестиційної стратегії, років.

Послідовність виконуваних при цьому розрахунків ілюструє рис. 2.

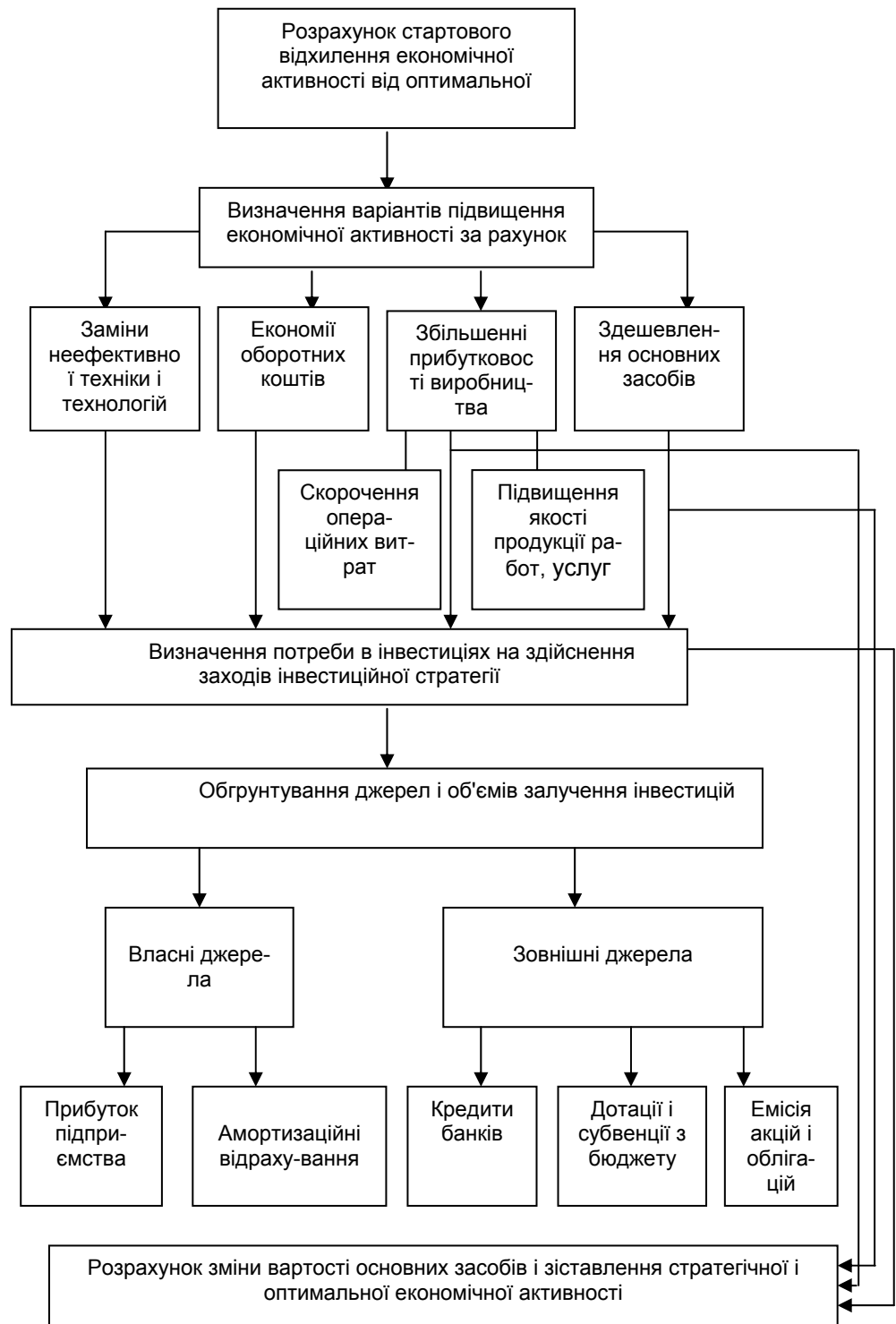


Рис. 2. Алгоритм аналізу й оцінки інвестицій для забезпечення економічної активності підприємства

Значного сенсу цей показник набуває у вугільній промисловості, оскільки саме ця галузь найбільш постраждала від ігнорування відтворювальних процесів, незважаючи на те, що вона є самою фондомісткою. Ця проблема може бути вирішена завдяки використанню на ряду з розробленими на даний час методами виходу з кризового становища у розрахункових показниках категорії економічна активність.

Дослідження виявило існування в цій галузі штучних, що перебувають поза економічним змістом умов, які призводять до істотного зниження економічної активності підприємств - це низькі ціни на вугільну продукцію при подорожчанні встаткування, енергії й матеріалів. Відзначені й інші негативні зовнішні фактори повинні бути усунуті в законодавчому порядку у зв'язку з необхідністю й можливістю забезпечення енергетичної незалежності країни.

Висновки При розробці інвестиційної стратегії підприємствам необхідно враховувати динаміку відтворювальних процесах, які відображає показник економічної активності підприємства. Це надасть змогу вивести підприємства з кризового становища та підвищити стабільність отримання прибутку.

Л і т е р а т у р а

1. **Держкомстат України** Статистичний щорічник Луганської області за 2004 рік. – К.: Консультант, 2007.- 552 с.
2. **Островская Э.** Риски инвестиционных проектов. – М.: Экономика, 2004. – 269 с.
3. **В.П. Савчук, С.И. Прилипко, Е.Г. Величко.** Анализ и разработка инвестиционных проектов. – Учебное пособие. – Киев: Абсолют-В, Эльга, 1999. – 304 с.
4. **Свірідова Н.Д.** Прямі іноземні інвестиції: світовий досвід та стратегія залучення в економіку України: Монографія. – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2004. – 164 с.
5. **Бланк І.О., Гуляєва Н.М.** Інвестиційний менеджмент: Підручник / За ред. А.А. Мазаракі. - К.: КНТЕУ, 2003. - 398с.
6. <http://www.intalev.ua/index.php?id=9784>

ВІСНИК
Східноукраїнського національного університету
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ
№ 12 (130) 2008

Науковий журнал

Відповідальний за випуск
Технічний редактор
Оригінал-макет

В.Ф. Пожидаєв
Т.М. Дроговоз
О.В. Могильна

Підписано до друку 12.06.2008 р.
Формат 70 x 108 1 /16. Папір офсетний. Гарнітура Arial Суг.
Друк офсетний. Умов. друк. арк. 19,5. Обл. друк. арк. 20,6.
Наклад 300 прим. Вид. № 2205. Замовлення № _____. Ціна вільна.

Видавництво
Східноукраїнського національного університету
імені Володимира Даля

Свідоцтво про реєстрацію: серія ДК № 1620 від 18.12.03 р.

Адреса видавництва: 91034, м. Луганськ, кв. Молодіжний, 20 а,
Телефон (0642) 41-34-12. Факс (0642) 41-31-60.
E-mail: uni@snu.edu.ua