

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

8 (144)

2008

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ И ПРИКЛАДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

САПР

КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

МЕТОДЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ

ОПЕРАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И СРЕДЫ

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ
И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СЕТИ

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

НЕЙРОСЕТИ И
НЕЙРОКОМПЬЮТЕРЫ

СТРУКТУРНЫЙ СИНТЕЗ

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

ПРИКЛАДНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ
СИСТЕМЫ

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

ОПТИМИЗАЦИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

ИТ В ОБРАЗОВАНИИ

ГИС

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

8(144)
2008

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ И ПРИКЛАДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Издается с ноября 1995 г.

УЧРЕДИТЕЛЬ
Издательство "Новые технологии"

СОДЕРЖАНИЕ

СЕТИ И СИСТЕМЫ СВЯЗИ

- Ильин П. Е. Многозадачная территориально распределенная вычислительная среда с учетом затрат на передачу данных 2
Петров В. А., Тормасов А. Г. Длительность поиска в распределенной системе с регулярной структурой в условиях точечной загрузки 7

WEB-ТЕХНОЛОГИИ

- Орлов А. Ю., Иващенко А. В. Организация виртуального сообщества в сети Интернет 15
Зелепухина В. А. Разработка систем управления содержимым интернет-ресурсов на основе автоматической генерации web-интерфейса и SQL-запросов 20

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

- Немтинов В. А., Манаенков А. М., Морозов В. В., Немтинов К. В. Технология создания пространственных моделей территориально распределенных объектов с использованием геоинформационных систем 23
Кобзаренко Д. Н. Ускорение поиска ближайших узлов в задаче 2D-интерполяции на регулярной сетке при большом объеме исходных и результирующих данных 26

МОДЕЛИРОВАНИЕ

- Димитриенко Ю. И., Соколов А. П. Система автоматизированного прогнозирования свойств композиционных материалов 31
Гирча А. И. Разработка программного комплекса для численного моделирования процессов нестационарной гидродинамики методом вязких вихревых доменов 38
Гальченко В. Я., Остапушенко Д. Л. Численный анализ пространственной конфигурации магнитных полей объектов сложной геометрической формы с учетом нелинейных характеристик веществ 43

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

- Барский А. Б. Применение логической нейронной сети для распознавания объектов временного ряда по заданному набору признаков 49
Махортов С. Д., Подвальный С. Л. Алгебраический подход к исследованию и оптимизации баз знаний продукционного типа 55

ПРОГРАММНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

- Мионов С. В. Тестирование компиляторов на программные закладки 61

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ

- Гагарина Л. Г., Фоминова Н. С., Калинин И. С. Теоретические основы методики интеллектуального тестирования 64
Доррер Г. А., Попов А. А., Рудакова Г. М., Сысенко К. В. Оптимальная группировка разделяемых единиц контента в учебные модули на базе системы БиГОР 70

БЕЗОПАСНОСТЬ ИНФОРМАЦИИ

- Жуков О. Д. Экспоненциальные вычисления в криптографии 74
Contents
Приложение. Шилов В. В. Логические машины и их создатели. Краткая, но практически полная история.

Главный редактор
НОРЕНКОВ И. П.

Зам. гл. редактора
ФИЛИМОНОВ Н. Б.

Редакционная
коллегия:

АВДОШИН С. М.
АНТОНОВ Б. И.
БАТИЩЕВ Д. И.
БАРСКИЙ А. Б.
БОЖКО А. Н.
ВАСЕНИН В. А.
ГАЛУШКИН А. И.
ГЛОРИОЗОВ Е. Л.
ГОРБАТОВ В. А.
ДОМРАЧЕВ В. Г.
ЗАГИДУЛЛИН Р. Ш.
ЗАЛЕЩАНСКИЙ Б. Д.
ЗАРУБИН В. С.
ИВАННИКОВ А. Д.
ИСАЕНКО Р. О.
КОЛИН К. К.
КУЛАГИН В. П.
КУРЕЙЧИК В. М.
ЛЬВОВИЧ Я. Е.
МАЛЬЦЕВ П. П.
МЕДВЕДЕВ Н. В.
МИХАЙЛОВ Б. М.
МУХТАРУЛИН В. С.
НАРИНЬЯНИ А. С.
НЕЧАЕВ В. В.
ПАВЛОВ В. В.
ПУЗАНКОВ Д. В.
РЯБОВ Г. Г.
СТЕМПКОВСКИЙ А. Л.
УСКОВ В. Л.
ЧЕРМОШЕНЦЕВ С. Ф.
ШИЛОВ В. В.

Редакция:

БЕЗМЕНОВА М. Ю.
ГРИГОРИН-РЯБОВА Е. В.
ЛЫСЕНКО А. В.
ЧУГУНОВА А. В.

Аннотации статей размещены на сайте журнала по адресу <http://www.informika.ru/text/magaz/it/> или <http://novtex.ru/IT>.

Журнал входит в Перечень научных журналов, в которых по рекомендации ВАК РФ должны быть опубликованы научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора наук.

Число шагов по времени	Время работы, с C++	Время работы, с C++/Python
50	197	205
100	500	503

языку *Python*. Использование в качестве интерфейса к инструментарию языка *Python* дает следующие преимущества.

- Разработку и запуск приложений можно осуществлять в интерактивном режиме с возможностью "на лету" изменять различные параметры моделирования.
- Скриптовый язык можно рассматривать как средство для интеграции разработанного инструментария с другими библиотеками, также имеющими интерфейс к данному языку. Здесь, в первую очередь, подразумевается интеграция с библиотеками, реализующими различные вспомогательные функции: предварительную обработку данных, визуализацию данных, передачу данных по сети.

Применение языка *Python* в качестве программируемого интерфейса к разработанному инструментарию незначительно сказывается на производительности вычислений. Сравнительная характеристика времени счета соответствующих запусков инструментария с интерфейсом и без него для одной из задач обтекания приведена в таблице.

Заключение

Представлены особенности программного комплекса для проведения вычислительных аэро-

динамических экспериментов на базе численного метода вязких вихревых доменов. Основное внимание уделено вопросам расширяемости разрабатываемого инструментария. В настоящее время программный комплекс представляет собой набор модулей, ориентированных на решение одного из классов задач внутренней аэродинамики. Данный набор модулей используется при проведении исследований в рамках европейского проекта VortexCell2050 [7] для определения полезных свойств вихревых ячеек. Эти свойства, например способность предотвращать отрыв с гладкой поверхности крылового профиля, могут быть использованы при проектировании летательных аппаратов нового типа.

Список литературы

1. Дынникова Г. Я. Лагранжев подход к решению нестационарных уравнений Навье—Стокса // Доклады Академии наук. — 2004. — Т. 399. № 1. — С. 42—46.
2. Андронов П. Р., Гувернюк С. В., Дынникова Г. Я. Вихревые методы расчета давлений и нестационарных нагрузок при движении тел в сплошной среде. — М.: Изд-во МГУ, 2006.
3. Гувернюк С. В., Дынникова Г. Я. Моделирование обтекания колеблющегося профиля методом вязких вихревых доменов // Изв. РАН МЖГ. 2007. — № 1.
4. Определение понятий формы и содержания // Энциклопедия по истории философии. — http://velikanov.ru/philosophy/soderzhanie_i_forma.asp.
5. Rankin III W. T. Efficient parallel implementations of multi pole based N-body algorithms. — 1999. — April. — http://www.ee.duke.edu/~wrankin/disser/rankin_dissertation.pdf.
6. Boost Python library documentation. — <http://www.boost.org/libs/python/doc/>.
7. VortexCen2050 project homepage. — <http://www.vortexcell2050.org>.

УДК 620.179.14

В. Я. Гальченко, д-р техн. наук, проф., зав. каф., Д. Л. Остапущенко, аспирант,
Луганский государственный медицинский университет

Численный анализ пространственной конфигурации магнитных полей объектов сложной геометрической формы с учетом нелинейных характеристик веществ

Рассматривается программное обеспечение, разработанное авторами, позволяющее проводить расчет поля в открытых и замкнутых расчетных областях магнитных систем, содержащих ферромагнитные детали сложной геометрической формы, с учетом нелинейных магнитных свойств.

Ключевые слова: программное обеспечение, магнитное поле, магнитная система, ферромагнетик, нелинейные магнитные характеристики, пространственные интегральные уравнения, адаптивная дискретизация, численное интегрирование, системы линейных и нелинейных уравнений, метод Ньютона.

Магнитные системы, включающие в себя элементы, изготовленные из ферромагнитных материалов, широко применяются в различных областях техники. Примерами устройств, содержащих

такие магнитные системы, могут служить устройства электронной и ионной оптики, ускорительной техники, магнитной дефектоскопии и структуроскопии, различные электротехнические уст-

ройства, датчики. При разработке таких устройств возникает необходимость проводить анализ пространственной конфигурации статического магнитного поля как в объеме ферромагнитных тел, так и в окружающем пространстве. Наиболее удобным и гибким инструментом для этих целей является компьютерное моделирование. При его использовании имеется возможность варьирования в широком диапазоне геометрии магнитной системы, выбора различных магнитных характеристик материалов и получения в результате расчета исчерпывающей информации о конфигурации магнитного поля. Особенно важно то, что, проведя расчеты для различных вариантов конструкции магнитной системы, существует возможность выбрать ее наилучший вариант.

Наиболее перспективным методом анализа магнитного поля, особенно в открытых расчетных областях магнитных систем, является метод пространственных интегральных уравнений (ПриУ) [1, 2].

Существует много примеров использования ПриУ для решения различных технических задач. Однако существующее на данный момент подобное программное обеспечение имеет ряд существенных недостатков, ограничивающих возможность его применения для анализа магнитных систем, содержащих детали со сложной геометрической формой, что значительно сужает круг практических задач, решаемых с использованием таких программ. Так, модели, описанные в работах [3–6], при дискретизации объектов допускают применение элементарных объемов только в виде параллелепипедов, грани которых параллельны плоскостям системы координат, или кольцеобразных областей для представления аксиально-симметричных тел, что существенно упрощает интегрирование при численных экспериментах и позволяет реализовать его аналитически. При этом анализу подвергается не геометрическая модель магнитной системы, близкая к реальности, а некоторое ее грубое приближение. Такое излишне идеализированное представление геометрии объектов обуславливает узкую специализацию программного обеспечения. Целью настоящей работы является описание программного обеспечения, разработанного авторами и не имеющего подобных ограничений.

При построении математической модели с использованием ПриУ [1] объем тела, помещенного в магнитное поле с напряженностью H_0 , создаваемое внешними источниками, разбивается на элементарные объемы, т. е. представляется в виде теоретико-множественного объединения N геометрических объектов более простой формы, пересекающихся только по границам. В пределах элементарного объема намагниченность считается постоянной. Каждый элементарный объем соз-

дает в пространстве магнитное поле, напряженность которого можно определить по формуле

$$H(Q) = \frac{1}{4\pi} \iint_{\partial V} \frac{(M \cdot n_p) r_{PQ}}{r_{PQ}^3} dS_P, \quad (1)$$

где Q — точка наблюдения; P — точка истока; $r_{PQ} = r_Q - r_P$ — вектор, направленный из точки P в точку Q ; n_p — вектор внешней нормали к границе ∂V элементарного объема V в точке истока; M — намагниченность элементарного объема. Напряженность магнитного поля в присутствии ферромагнитного тела может быть определена по формуле

$$H(Q) = \sum_{j=1}^N H_j(Q) + H_0(Q), \quad (2)$$

где $H_j(Q)$ — напряженность, создаваемая в точке Q j -м элементарным объемом. С учетом (1) выражение (2) может быть представлено в виде

$$H(Q) = \frac{1}{4\pi} \sum_{j=1}^N \iint_{\partial V_j} \frac{(M_j \cdot n_p) r_{PQ}}{r_{PQ}^3} dS_P + H_0(Q), \quad (3)$$

где M_j — намагниченность j -го элементарного объема. Поочередно помещая точку наблюдения в центры элементарных объемов $\{Q_j\}_{j=1}^N$, можно получить

$$H_i = \frac{1}{4\pi} \sum_{j=1}^N \iint_{\partial V_j} \frac{(M_j \cdot n_p) r_{PQ_j}}{r_{PQ_j}^3} dS_P + H_{i0}, \quad i = \overline{1, N}. \quad (4)$$

Выполнив интегрирование, выражение (4) можно представить в виде

$$H_i = \sum_{j=1}^N A_{ij} M_j + H_{i0}, \quad i = \overline{1, N}, \quad (5)$$

где A_{ij} — матрица размером 3×3 , учитывающая вклад намагниченности j -го элементарного объема в напряженность в i -м. Вводя следующие обозначения:

$$H = \begin{pmatrix} H_1 \\ H_2 \\ \dots \\ H_N \end{pmatrix}, \quad H_0 = \begin{pmatrix} H_{10} \\ H_{20} \\ \dots \\ H_{N0} \end{pmatrix}, \quad M = \begin{pmatrix} M_1 \\ M_2 \\ \dots \\ M_N \end{pmatrix},$$

$$A = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} & \dots & A_{1N} \\ A_{21} & A_{22} & \dots & A_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_{N1} & A_{N2} & \dots & A_{NN} \end{pmatrix}, \quad (6)$$

выражение (5) можно представить в виде

$$\mathbf{H} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{M} + \mathbf{H}_0. \quad (7)$$

В предположении отсутствия гистерезиса существует однозначная, но, вообще говоря, нелинейная зависимость между намагниченностью j -го элементарного объема и напряженностью магнитного поля в нем

$$\mathbf{M} = F_j(\mathbf{H}). \quad (8)$$

В общем случае характер этой зависимости может изменяться от элементарного объема к элементарному объему. Введем в рассмотрение нелинейный оператор, определенный по правилу

$$\mathbf{M} = F(\mathbf{H}) = \begin{pmatrix} F_1(\mathbf{H}_1) \\ F_2(\mathbf{H}_2) \\ \dots \\ F_N(\mathbf{H}_N) \end{pmatrix}. \quad (9)$$

С его использованием (7) может быть представлено в виде нелинейного уравнения

$$\mathbf{H} = \mathbf{A} \cdot F(\mathbf{H}) + \mathbf{H}_0. \quad (10)$$

Решением этого уравнения являются матрица \mathbf{H} , содержащая напряженности магнитного поля в элементарных объемах. С использованием оператора (9) они могут быть пересчитаны в намагниченности. Для расчета поля в интересующих точках пространства достаточно воспользоваться формулой (3). Такая математическая модель применима для расчета поля как односвязных, так и многосвязных объектов.

Решение прямой задачи магнитостатики с использованием ПриУ предполагает выполнение следующих этапов:

- 1) подготовка исходных данных;
- 2) разбиение (дискретизация) ферромагнитных тел на элементарные объемы;
- 3) вычисление элементов матрицы \mathbf{A} уравнения (10);
- 4) вычисление элементов матрицы \mathbf{H}_0 , содержащей компоненты напряженности магнитного поля, создаваемого внешними источниками;
- 5) решение нелинейного уравнения (10);
- 6) вычисление напряженности магнитного поля в интересующих точках пространства.

На этапе подготовки исходных данных в компьютер заносится информация о геометрии областей пространства, заполненных ферромагнетиком, магнитных характеристиках веществ, интенсивности и месторасположении в пространстве источников магнитного поля (катушек с постоянным током, постоянных магнитов и др.).

Несмотря на кажущуюся простоту, этап проведения разбиений является одним из важнейших, и от качества его проведения в значительной мере зависит эффективность анализа, а в конечном итоге — адекватность полученного результата. При разбиении областей пространства, заполненных ферромагнетиком, в качестве элементарных объемов удобнее всего использовать трехмерные симплексы — тетраэдры. Любая многогранная область может быть представлена в виде теоретико-множественного объединения тетраэдров, которые не пересекаются или точки пересечения которых образуют их общую грань [7]. Границы области произвольной формы приближаются многогранными поверхностями, гранями которых являются треугольники. Любая достаточно гладкая поверхность может быть приближена таким образом с произвольной точностью. В различных частях разбиваемой области возможно использование тетраэдров различного размера, т. е. использование адаптивного разбиения. Необходимость использования адаптивного разбиения может быть вызвана рядом причин. При наличии у разбиваемой области элементов, размеры которых малы по сравнению с размерами самой области, приходится уменьшать размер тетраэдров вблизи таких элементов в целях более детального их представления. Такая же необходимость возникает при наличии у области сильно искривленных участков границы. В целях уменьшения числа неизвестных в системе нелинейных уравнений, а также для снижения возможных погрешностей следует использовать априорную информацию о характере распределения намагниченности в разбиваемой области. В частях области с большой скоростью изменения намагниченности от точки к точке следует использовать тетраэдры меньшего размера по сравнению с частями, где ожидается плавное ее изменение. Чрезмерно крупные тетраэдры приводят к высоким погрешностям расчета, а мелкие к значительному возрастанию числа неизвестных в системе уравнений. Использование адаптивного разбиения позволяет найти компромисс в этой ситуации. Априорная информация о характере распределения намагниченности может быть получена из опыта проведения расчетов. Пример дискретизации, выполненной с учетом сформулированных требований, приведен на рис. 1.

Матрица \mathbf{A} формируется в виде файла на жестком диске, при этом ее элементы записываются в порядке их расположения в строках.

Вычисление элементов проводится поблочно. Это позволяет хранить в оперативной памяти только три строки матрицы \mathbf{A} , которые после заполнения дописываются в файл.

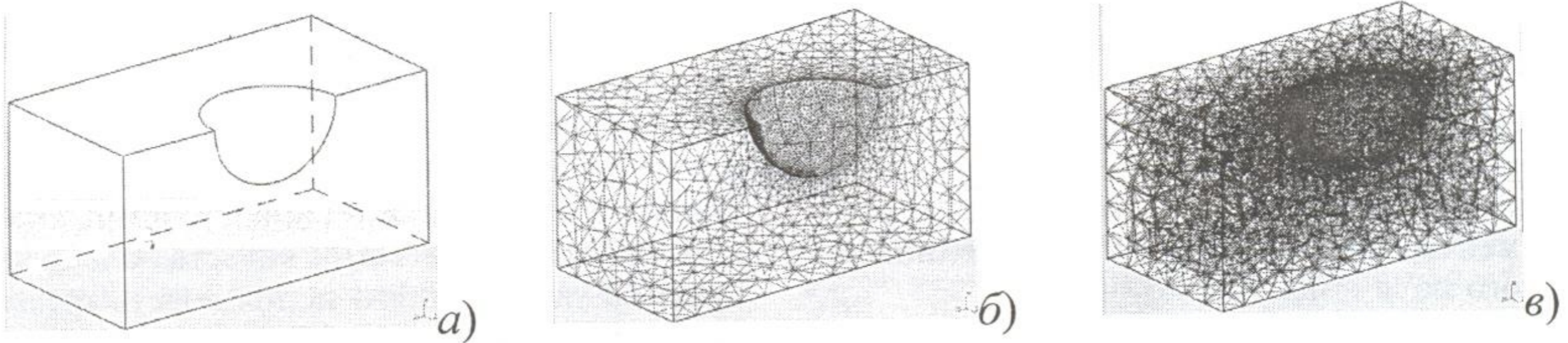


Рис. 1. Этапы проведения процедуры дискретизации:
 а — исходная геометрия тела; б — дискретизация поверхности; в — дискретизация объема

Рассмотрим расчет элементов блока матрицы \mathbf{A} .
 Формула

$$\mathbf{H} = \frac{1}{4\pi} \iint_{\partial V} \frac{(\mathbf{M} \cdot \mathbf{n}) \mathbf{r}_{PQ}}{r_{PQ}^3} dV_P \quad (11)$$

выражает линейную связь между векторами \mathbf{M} и \mathbf{H} , которая может быть записана в виде

$$\mathbf{H} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{M}, \quad (12)$$

где матрица \mathbf{A} в случае, когда в качестве элементарного объема выступает тетраэдр, представляется следующим образом:

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} \sum_{k=1}^4 n_{xk} I_{xk} & \sum_{k=1}^4 n_{yk} I_{xk} & \sum_{k=1}^4 n_{zk} I_{xk} \\ \sum_{k=1}^4 n_{xk} I_{yk} & \sum_{k=1}^4 n_{yk} I_{yk} & \sum_{k=1}^4 n_{zk} I_{yk} \\ \sum_{k=1}^4 n_{xk} I_{zk} & \sum_{k=1}^4 n_{yk} I_{zk} & \sum_{k=1}^4 n_{zk} I_{zk} \end{pmatrix}, \quad (13)$$

где

$$I_k = \frac{1}{4\pi} \iint_{\Delta_k} \frac{\mathbf{r}_{PQ}}{r_{PQ}^3} dS_P, \quad (14)$$

где интеграл вычисляется по k -й грани тетраэдра ($\partial V = \bigcup_{k=1}^4 \Delta_k$). При переходе в локальную систему

координат, связанную с гранью тетраэдра, интеграл по треугольной области преобразуется в криволинейный, вычисление которого проводится численно, с использованием адаптивного квадратурного алгоритма, основанного на формуле Ньютона—Котеса восьмого порядка [8].

Для контроля точности вычисления интегралов найдем сумму диагональных элементов матрицы \mathbf{A} :

$$\begin{aligned} \text{SpA} &= \sum_{k=1}^4 n_{xk} I_{xk} + \sum_{k=1}^4 n_{yk} I_{yk} + \sum_{k=1}^4 n_{zk} I_{zk} = \\ &= \sum_{k=1}^4 n_k I_k = \frac{1}{4\pi} \sum_{k=1}^4 \iint_{\Delta_k} \frac{\mathbf{r}_{PQ} \cdot \mathbf{n}_k}{r_{PQ}^3} dS_P = \end{aligned}$$

$$= \frac{1}{4\pi} \iint_{\partial V} \frac{\mathbf{r}_{PQ}}{r_{PQ}^3} dS_P.$$

Для интеграла Гаусса известно [9]

$$\iint_{\partial V} \frac{\mathbf{r}_{QP}}{r_{QP}^3} dS_P = \begin{cases} 4\pi, & Q \in V; \\ 0, & Q \notin V. \end{cases} \quad (15)$$

Откуда следует

$$\text{SpA} = \begin{cases} -1, & Q \in V; \\ 0, & Q \notin V. \end{cases} \quad (16)$$

При вычислении элементов матрицы \mathbf{H}_0 необходимо проводить расчет напряженности магнитного поля различных источников. Программный комплекс содержит библиотеку моделей источников магнитного поля. Часто магнитные системы включают в себя катушки с постоянным током. Расчет поля круглой катушки с прямоугольным сечением подробно рассматривается в работах [10, 11]. В работе [10] также приведены зависимости для расчета поля некоторых идеализированных источников, таких как, например, контур с током, плоская катушка и тонкий соленоид. Некоторые катушки сложной формы удобно разделить на сегменты в виде параллелепипеда или прямой призмы, тогда поле катушки представляет собой суперпозицию полей сегментов. Формулы для вычисления полей таких сегментов приведены в работе [12]. Методика расчета поля кольцеобразного постоянного магнита заимствована из работы [13], полосового магнита — из работы [14].

Для вычисления значений нелинейного оператора $\mathbf{F}(\mathbf{H})$ должны быть заданы магнитные характеристики веществ $\mathbf{M} = \mathbf{F}_j(\mathbf{H})$. Программный комплекс включает в себя библиотеку аналитических зависимостей для описания нелинейных свойств ферромагнетиков [15—17]. Также предусмотрена возможность учета анизотропии [2].

Для решения системы нелинейных уравнений применяется метод Ньютона [18]. Вводя матрицу-столбец $\mathbf{G}(\mathbf{H}) = \mathbf{A} \cdot \mathbf{F}(\mathbf{H}) - \mathbf{H} + \mathbf{H}_0$, перепишем уравнение (10) в виде

$$\mathbf{G}(\mathbf{H}) = 0. \quad (17)$$

Матрица Якоби для $\mathbf{G}(\mathbf{H})$ будет иметь следующий вид:

$$\mathbf{W} = \mathbf{A}\mathbf{J} - \mathbf{E}, \quad (18)$$

где \mathbf{J} — матрица Якоби для $\mathbf{F}(\mathbf{H})$; \mathbf{E} — единичная матрица. В силу структуры нелинейного оператора $\mathbf{F}(\mathbf{H})$ матрица \mathbf{J} состоит из блоков размером 3×3 , расположенных по диагонали:

$$\mathbf{J} = \begin{pmatrix} J_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & J_2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & J_N \end{pmatrix}, \quad (19)$$

где J_j — матрица Якоби для $F_j(\mathbf{H})$.

Итерационный процесс организуется по схеме

$$\mathbf{H}_n = \mathbf{H}_{n-1} - \mathbf{h}, \quad (20)$$

где \mathbf{h} — решение системы линейных уравнений

$$\mathbf{W}\mathbf{h} = \mathbf{G}(\mathbf{H}_{n-1}). \quad (21)$$

Матрица \mathbf{W} , так же как матрица \mathbf{A} , формируется на жестком диске. Наличие у матрицы \mathbf{J} блочной структуры существенно упрощает процесс вычисления произведения $\mathbf{A} \cdot \mathbf{J}$.

Итерационный процесс, по всей видимости, является сходящимся для любого начального приближения. Однако для уменьшения числа итераций необходимо использовать априорную информацию о характере распределения напряженности или намагниченности. В качестве условия остановки итерационного процесса можно принять условие $\|\mathbf{h}\|_\infty < \varepsilon$, где ε — положительное число, значительно меньшее, чем $\|\mathbf{H}_n\|_\infty$.

В силу особенностей метода на каждой итерации приходится решать систему линейных уравнений с несимметричной заполненной матрицей большого порядка (50 000 и более). Подобная задача не является тривиальной и требует применения специфических подходов. Решение линейной системы уравнений (16) проводится с использованием специальной реализации метода Гаусса, в которой не требуется размещать матрицу системы в оперативную память целиком, а достаточно считывать с жесткого диска блок, состоящий из k строк, размер которого выбирается исходя из объема доступной памяти. Считанный блок приводится к трапециевидной форме. Оставшиеся строки матрицы последовательно считываются в оперативную память, где с ними проводятся преобразования, в результате которых k первых элементов строки обращаются в ноль, затем они сохраняются в новый файл. Такая процедура повторяется необходимое число раз. На каждом этапе блок, приведенный к трапециевидной форме, дописывается в отдельный файл. В результате в этом

файле сформируется треугольная матрица, полученная из исходной посредством преобразований Гаусса. Для решения системы уравнений с треугольной матрицей, размещенной на диске, достаточно считывать с конца файла небольшими порциями элементы матрицы, последовательно вычисляя значения неизвестных.

Для контроля точности решения системы линейных уравнений предусмотрен ряд следующих мероприятий:

- система уравнений (16) решается одновременно с несколькими столбцами свободных членов, один из которых — $\mathbf{G}(\mathbf{H}_{n-1})$, а остальные генерируются так, чтобы соответствующие им решения были заранее известны, и точность их нахождения можно было проконтролировать;
- проводятся вычисление и оценка нормы невязки;
- оценивается число обусловленности матрицы.

Верификация работы программного обеспечения проводилась на задачах, имеющих аналитическое решение.

1. Ферромагнитный шар, помещенный в однородное поле. Известным является факт его однородного намагничивания. Для напряженности магнитного поля внутри шара радиусом R с центром в точке P , помещенного в однородное поле напряженностью H_0 , согласно [19] имеем

$$\mathbf{H} = \frac{3\mu_0}{\mu + 2\mu_0} \mathbf{H}_0, \quad (22)$$

где $\mu = \mu_0\mu_r$ — абсолютная и μ_r — относительная магнитные проницаемости. Откуда для намагниченности получаем

$$\mathbf{M} = \frac{3\chi}{3 + \chi} \mathbf{H}_0, \quad (23)$$

где $\chi = \mu_r - 1$ — магнитная восприимчивость вещества.

Во внешнем пространстве в точке Q поле шара совпадает с полем магнитного диполя, расположенного в центре шара:

$$\mathbf{H}(Q) = \frac{1}{4\pi} \left(\frac{\mathbf{p}}{r_{PQ}^3} - \frac{3(\mathbf{p} \cdot \mathbf{r}_{PQ})\mathbf{r}_{PQ}}{r_{PQ}^5} \right), \quad (24)$$

магнитный момент которого совпадает с магнитным моментом шара

$$\mathbf{p} = \frac{4}{3} \pi R^3 \mathbf{M}. \quad (25)$$

Из формул (24) и (25) следует, что расчет может проводиться с использованием относительных единиц длины. Численный эксперимент проводился для шара $R = 1$, помещенного в однородное поле, направленное вдоль оси z напряженностью

100 А/м. Магнитная восприимчивость вещества $\chi = 100$. Объем шара разбивался на 15 899 элементарных объемов. Результат сопоставления численного и аналитического решения приведен на рис. 2. Расчет поля проводился на отрезке, параллельном оси y ($x = 0, z = 1,1$). При этом максимальное расхождение по абсолютной величине составляло не более 2 А/м, что соответствует погрешности 1,4 %.

Значения намагниченности элементарных объемов, полученные в результате численного эксперимента, отличались от рассчитанных по формуле (18) менее чем на 7 %. Аналогичный численный эксперимент, проведенный с учетом нелинейной магнитной характеристики вещества, также показал адекватные результаты.

2. Магнитный экран в форме полого шара, помещенный во внешнее магнитное поле с индукцией B_0 . Индукция в полости шара рассчитывается по формуле [19]

$$B = B_0 \frac{1}{1 + \frac{2}{9} \left(1 - \frac{r^3}{R^3}\right) \left(\frac{\mu_0}{\mu} + \frac{\mu}{\mu_0} - 2\right)}, \quad (26)$$

где R — радиус экрана; r — радиус полости. Откуда для напряженности находим

$$H = H_0 \frac{1}{1 + \frac{2}{9} \left(1 - \frac{r^3}{R^3}\right) \left(\frac{1}{\chi + 1} + \chi - 1\right)}. \quad (27)$$

Расчет поля проводился для контрольных точек, расположенных в полости экрана радиусом $R = 1$, радиус полости $r = 0,9R$. Напряженность внешнего магнитного поля составляла 100 А/м. Объем тела экрана разбивался на 9194 элементарных объема. Максимальное расхождение численного и аналитического решений составило 0,18 А/м (1,25 %) при $\chi = 100$, и 0,2 А/м (6,2 %) при $\chi = 500$.

По результатам верификации можно сделать вывод о применимости программного обеспечения для анализа магнитных полей объектов сложной формы. В качестве примера рассмотрим расчет поля шара радиусом $R = 1$ с полусферическим углублением радиусом r , помещенного в однородное магнитное поле, направленное вдоль оси z напряженностью 100 А/м (рис. 3, а). Магнитная вос-

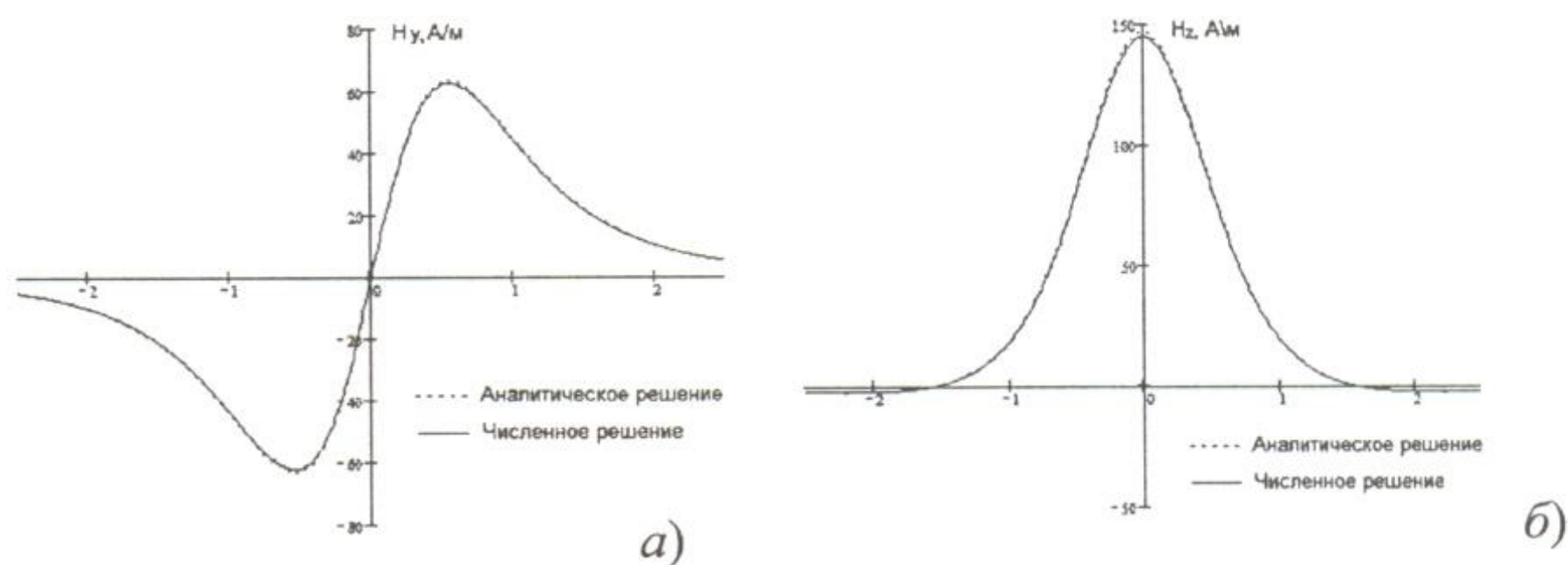


Рис. 2. Напряженность магнитного поля, создаваемая намагниченным шаром

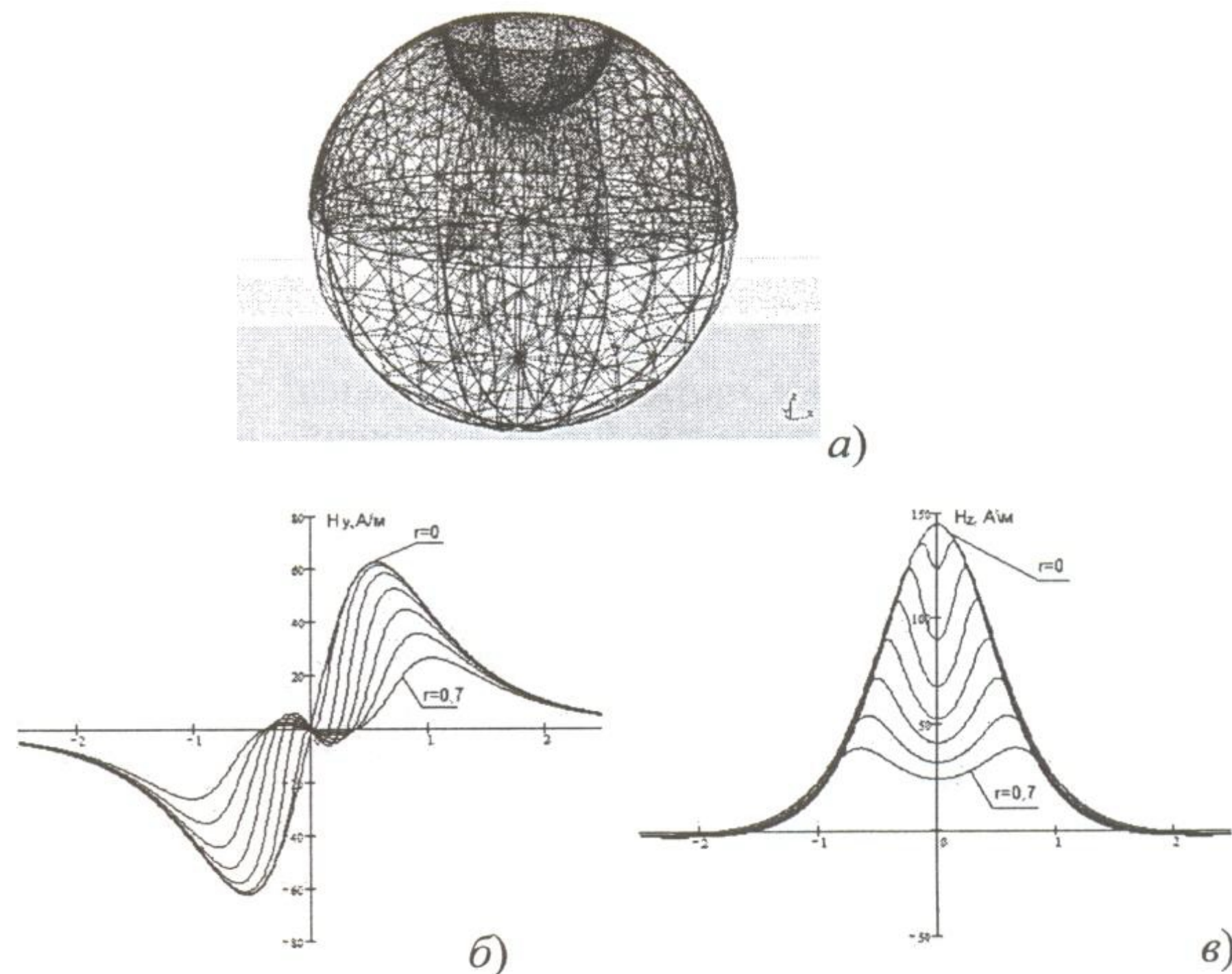


Рис. 3. Шар с полусферическим углублением, помещенный в однородное поле

приимчивость вещества $\chi = 100$. Расчет проводился для ряда значений r , меняющихся от 0 до 0,7 с шагом в 0,1. Поле рассчитывалось на отрезке, параллельном оси y ($x = 0, z = 1,1$). Графики результатов расчета приведены на рис. 3, б, в.

Следовательно, разработанное программное обеспечение позволяет проводить расчет поля в открытых и замкнутых расчетных областях в присутствии ферромагнитных тел со сложной геометрией и с учетом нелинейных магнитных свойств, и может быть использовано для исследования пространственной конфигурации магнитного поля в магнитных системах при их проектировании для теоретического исследования явлений и процессов, в которых происходит взаимодействие ферромагнитных тел со статическими магнитными полями, созданными различными внешними источниками.

Список литературы

1. Курбатов П. А., Аринчин С. А. Численный расчет электромагнитных полей. М.: Энергоатомиздат, 1984. 168 с.
2. Майергойз И. Д. Итерационные методы расчета статических полей в неоднородных, анизотропных и нелинейных средах. — К.: Наукова думка, 1979. — 210 с.
3. Матюк В. Ф., Чурило В. Р., Стрелюхин А. В. Численное моделирование магнитного состояния ферромагнетика в неоднородном постоянном поле методом пространственных интегральных уравнений. I. Описание методики расчета // Дефектоскопия. 2003. № 8. С. 71—78.
4. Печенков А. Н., Щербинин В. Е. Некоторые прямые и обратные задачи технической магнитостатики. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2004. 177 с.
5. Яковенко В. В., Шевченко А. И., Романенко А. В. Модель магнитного поля намагниченного нелинейного ферромагнетика. // Вісник СНУ ім. В. Даля. 2000. № 3. С. 202—203.
6. Калашникова О. Н., Яковенко В. В., Тхафер Бассим. Математическая модель магнитного поля для расчета металлоискателей // Вісник СНУ ім. В. Даля. 2000. № 10. С. 151—154.
7. Жермен-Лакур П., Жорж П. Л., Пистер Ф., Безе П. Математика и САПР: В 2-х кн. Кн. 2. М.: Мир, 1989. 264 с.
8. Гальченко В. Я. Информационные модели в теории и практике электромагнитной дефектоскопии. Луганск: Изд-во Восточноукраинского государственного университета, 1997. 262 с.
9. Фихтенгольц Г. М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. Т. 3. М.-Л.: ГТТИ, 1949. 783 с.
10. Алиевский Б. Л., Орлов В. Л. Расчет параметров магнитных полей осесимметричных катушек. М.: Энергоатомиздат, 1983. 112 с.
11. Печенков А. Н. Расчет трехмерного магнитного поля круглой катушки с прямоугольным сечением и постоянным током // Дефектоскопия. 2006. № 9. С. 65—71.
12. Печенков А. Н. Аппроксимация сложных катушек с конечной толщиной для расчета трехмерных магнитных полей этих катушек // Дефектоскопия. 2006. № 10. С. 27—32.
13. Расчет электромагнитных цепей и электромагнитных полей на ЭВМ / Под ред. Л. В. Данилова, Е. С. Филипова. М.: Радио и связь, 1983. 344 с.
14. Том Р., Тарр Дж. Магнитные системы МГД-генераторов и термоядерных установок. М.: Энергоатомиздат, 1985. 272 с.
15. Панасенков М. А. Электромагнитные расчеты устройств с нелинейными распределенными параметрами. М.: Энергия, 1971. 216 с.
16. Мельгуй М. А. Формулы для описания нелинейных и гистерезисных свойств ферромагнетиков // Дефектоскопия. 1987. № 11. С. 3—10.
17. Афанасьев Ю. В. Феррозондовые приборы. Л.: Энергоатомиздат, 1986. 188 с.
18. Треногин В. А. Функциональный анализ. М.: Наука, 1980. 496 с.
19. Нейман Л. Р., Демирчян К. С. Теоретические основы электротехники. Т. 2. М.: Энергия, 1967. 408 с.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 004.032.26

Введение

А. Б. Барский, д-р техн. наук, проф.
каф. "Вычислительные системы и сети",
МИИТ, Москва
E-mail: arkbarsk@mail.ru

Применение логической нейронной сети для распознавания объектов временного ряда по заданному набору признаков

Рассматривается возможность выбора объектов временного ряда по значениям множества признаков с помощью аппарата логических нейронных сетей. Данный аппарат позволяет проводить параллельное, одновременное сравнение значений всех признаков с эталонными. Совместное использование нескольких эталонов позволяет построить систему принятия решений.

Ключевые слова: объект временного ряда, множество признаков, распознавание, логическая нейронная сеть, система принятия решений.

Агафья Тихоновна. ...Если бы губы Никанора Ивановича да приставить к носу Ивана Кузьмича, да взять сколько-нибудь развязности, какая у Балтазара Балтазарыча, да, пожалуй, прибавить к этому еще дородности Ивана Павловича — я бы тогда тотчас же решилась.

Н. В. Гоголь. "Женитьба".

Временной ряд является важным объектом анализа и исследования в области информационных технологий. Он характеризуется реальным временем поступления данных, например, — от регистрирующей аппаратуры при проведении испытаний сложных систем, и столь же оперативной обработкой этих данных. Обработка возможна и с меньшим темпом — при частичном накоплении информации. Однако всегда можно выделить ту первичную обработку, которая проводится в темпе поступления информации, т. е. в реальном масштабе времени.

Первичная обработка временного ряда связана с распознаванием и классификацией данных для запуска средств последующей их обработки. Это порождает надежду на эффективное применение на данном этапе таких средств искусственного интеллекта, как логические нейронные сети [1—3].

1. Детерминированные оценки объектов временного ряда

Маша хочет замуж... Нескончаемой чередой мимо ее окошка по городской улице проходят мужчины... Идеал настоящего мужчины, достойного стать ее мужем, Маша определила по следующим свойствам-признакам:

- он брюнет;
- его рост — не менее 180 см;
- он обладатель длинного носа;
- он должен носить шляпу.

CONTENTS

- Ilyin P. E.** *Space-Distributed Computing Environment with Multitasking and Data-Transfer Costs* 2
This paper reviews the problems of distributed computations, gives the architecture of environment for space-distributed computations with multitasking, gives scheduling algorithm with data transfer costs consideration and compares the offered environment with cluster technology.
Keywords: multitasking, distributed calculations, space-distributed calculations, environment for space-distributed calculations, priority control, scheduler, task scheduling.
- Petrov V. A., Tormasov A. G.** *Duration of Information Retrieval Process in Regular Structured Distributed Systems with Selectively Increasing Network Load* 7
Duration of information retrieval process in distributed systems is researched when network load increases up to critical values. The research is performed in accordance with two mathematical concepts. The results of this two ways are compared.
Keywords: distributed object location and routing substrate, distributed hash tables (DHT), Zipf's law (power law), chunk-server, Markovian process, high-level Petri nets, N-k schema, file assemble, search query, search depth, grating graph, selective network load, simulation, probabilistic model, sample, search area, random vector, event algebra, probability measure, reference set, average of distribution, binomial coefficient, Dijkstra's algorithm.
- Orlov A. Yu., Ivashchenko A. V.** *Web Online Community Management* 15
This paper contains a description of Internet virtual communities organization (by users' interests) technique using new information technologies. The problems of study, support and management of virtual community as a complex self-organized system are considered. The example of virtual community organization on the basis of online browser is presented.
Keywords: Internet, social, network, virtual community, online browser.
- Zelepuhina V. A.** *Development of Content Management Systems for Internet-Resources on the Basis of Automatic Generation of Web-Interface and SQL-Queries* 20
Approach to development of the content management systems of internet-resources based on the automatic generation of web-interface and SQL-queries is offered in the article. Idea of approach — to form necessary information for the web-interface realization and automatically generate and process the data-base query in demand of user on the basis of formal specification of every component of data model and features of operations with data.
Keywords: Internet, content management systems, cms, automatic generation, web-interface, SQL.
- Nemtinov V. A., Manaenkov A. M., Morozov V. V., Nemtinov K. V.** *Technology of Creation of Spatial Models of Territorially Distributed Objects with Use of Geoinformation Systems* 23
The paper describes the technology of creation of spatial models of territorially distributed objects with use of geoinformation systems on an example of cultural objects, in particular a virtual museum of the memorial complexes devoted to The Great Patriotic War. It includes creation of 3D-models of objects, bases of attributive data for each complex and toolkit for their analysis.
Keywords: spatial models of territorially distributed objects, geoinformation system.
- Kobzarenko D. N.** *Acceleration of Searching the Nearest Nodes in 2D Interpolation on a Regular Grid Having a Large Size of the Initial and Resulted Data* 26
The paper states the technique of acceleration of searching the nearest nodes in a task of 2D interpolation on a regular grid having a large size of the initial and resulting data. On the basis of the offered technique the algorithm of interpolation on a regular grid represented by searching the nearest neighbour is developed. Testing for a real data set has shown that the given technique gives approximately double acceleration of calculation in comparison with widely known software package Golden Software Surfer 7.0.
Keywords: geoinformation technologies, 2D interpolation.
- Dimitrienko Yu. I., Sokolov A. P.** *Automated Forecasting of Composite Material Properties by Means of Homogenization Method* 31
Results of development of automated computational software system designed for effective elastic properties obtaining of composite materials with different reinforced inner structures are presented in this article. 3D-reinforced, 4D-reinforced by cube diagonals, textile inner structures of composites are considered. Computations have been performed on the base of the finite-element method for a so-called local problem of the elasticity theory, appearing after the homogenization method (by Bakhvalov and Pobedria) application. Results of the development of program software system for elastic properties computation for the composites with reinforced inner structures are presented.
Keywords: periodic structures, composite material, homogenization, homogeneous, heterogeneous, asymptotic analysis, viscosity, elasticity.
- Gircha A. I.** *The Development of a Software Suite for Modeling Non-Stationary Hydrodynamic Processes Using Numerical Method of Viscous Vortex Domains* 38
Main characteristics of a newly developed software suite for performing numerical simulations in aerodynamics are presented. The suite is based on viscous vortex domains method. Special attention is paid to the mechanisms that provide functional extensibility of the suite. Software implementation features including the approach for increasing the flexibility of the suite using scripting languages are also presented.
Keywords: viscous fluid flows, numerical aerodynamic simulation, numerical methods, software suites, software extensibility, software flexibility, scripting languages.
- Halchenko V. Ya., Ostapuschenko D. L.** *The Numerical Analysis a Magnetic Fields Spatial Configuration of Objects with the Complex Geometrical Form in View of Nonlinear Materials Characteristics* 43

This article deals with the software developed by the authors which ensures field intensity calculation in limited and unlimited calculation region of magnetic systems confining ferromagnetic parts of complex geometric form taking into consideration nonlinear magnetic properties.

Keywords: software, magnetic system, ferromagnetic, nonlinear magnetic property, volume integral equation, adaptive discretization, numerical integration, system of linear and nonlinear equations, Newton's method.

Barsky A. B. *Logical Network Application for the Time Series Objects Recognition on Base of Known Set of Signs* 49

Possibilities of object choice from the time series on base of its signs by means of logical neural network are examined. This apparatus allow making parallel analyze all signs with etalon. Simultaneous comparison with few etalons allows constructing the decision make system.

Keywords: time series object, set of signs, recognition, logical network, decision make system.

Makhortov S. D., Podvalny S. L. *The Algebraic Approach to Research and Optimization of Knowledge Bases of Production Type* 55

In this article the algebraic system containing semantics of the expanded production logic is considered. Operations and relations of this system correspond to the full set of logical connectives of a propositional calculus. In this system the infinite operations realizing universal and existential quantifiers for the production logic model are defined. Theorems on logical closure structure and on existence of a logical reduction of the considered algebraic system are proved. The effective way of a logical reduction construction is specified.

The received results can be applied to research and automatic optimization of knowledge bases of production type, such as knowledge bases of systems of symbolical mathematics.

Keywords: production logic, algebraic system, complete lattice, logical closure, logical reduction.

Mironov S. V. *Compilers Testing on Logic Bombs* 61

This article describes the problem of detecting logic bombs in compilers and an offered method of testing compilers without source codes on logic bombs. This method is based on methods of black-box testing and game theory. The suitable model of logic bomb has been developed. The recommendations of practice for using developed method are stated.

Keywords: testing, compiler, logic bomb, black box, game theory, certification.

Gagarina L. G., Fominova N. S., Kalinnikov I. S. *Theory Basis of Intellectual Testing* 64

In this article we concentrate our attention on problem of adequate knowledge estimation. As the measure of adequateness we take the student's knowledge estimation been made by a teacher after subject discussion. The main questions this article tries to answer to are those as follows: Whether it is possible to use computer testing despite the subject discussion with the teacher? Is there any model of software for testing that makes it an analogue of subject discussion with the teacher in a field of knowledge estimation?

Keywords: intellectual testing, automatic knowledge estimation, meaning based relation of questions, interpolation, approximation, received information.

Dorrer G. A., Popov A. A., Rudakova G. M., Sysenko K. V. *Optimal Combination the Divided Units of Content to Learning Modules on Basis of Bigor System* 70

When the module-rating educational technology is using, the problem of rational synthesis of learning modules became an important one. The good opportunities for solving of this problem, especially when the educational programs are change often give the using of BiGOR system which was developed in Moscow Bauman University. In the work presented the method of optimal combination the learning course components (the divided units of content) to some number of equivalent modules is suggested. This method is illustrated on example of the course "The Basis of Control Theory".

Keywords: learning modules, divided units of content, BiGOR system, module-rating educational technology, optimization of learning course structure.

Zhukov O. D. *Exponential Computing in Cryptography* 74

The method proposed for cryptography is based on an idea that the remainder for moduls SPS is constructed from the remainders with moduli SP+2S and SP+2S. The efficiency of the method depends strongly on whether or not SP+1S and SP+2S can be decomposed into smaller prime factors

Keywords: modular number system, remainder, exponentian computing information security.

Адрес редакции:

107076, Москва, Стромьинский пер., 4/1

Телефон редакции журнала (495) 269-5510

E-mail: it@novtex.ru

Дизайнер Т.Н. Погорелова. Художник В.Н. Погорелов.

Технический редактор О. А. Ефремова. Корректор Т. В. Арбузова

Сдано в набор 09.06.2008. Подписано в печать 18.07.2008. Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 9,8. Уч.-изд. л. 10,86. Заказ 854. Цена договорная.

Журнал зарегистрирован в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-15565 от 02 июня 2003 г.

Отпечатано в ООО "Подольская Периодика"

142110, Московская обл., г. Подольск, ул. Кирова, 15

Рисунки к статье В.А. Немтинова, А.М. Манаенкова, В.В. Морозова, К.В. Немтинова
"Технология создания пространственных моделей
территориально распределенных объектов
с использованием геоинформационных систем"

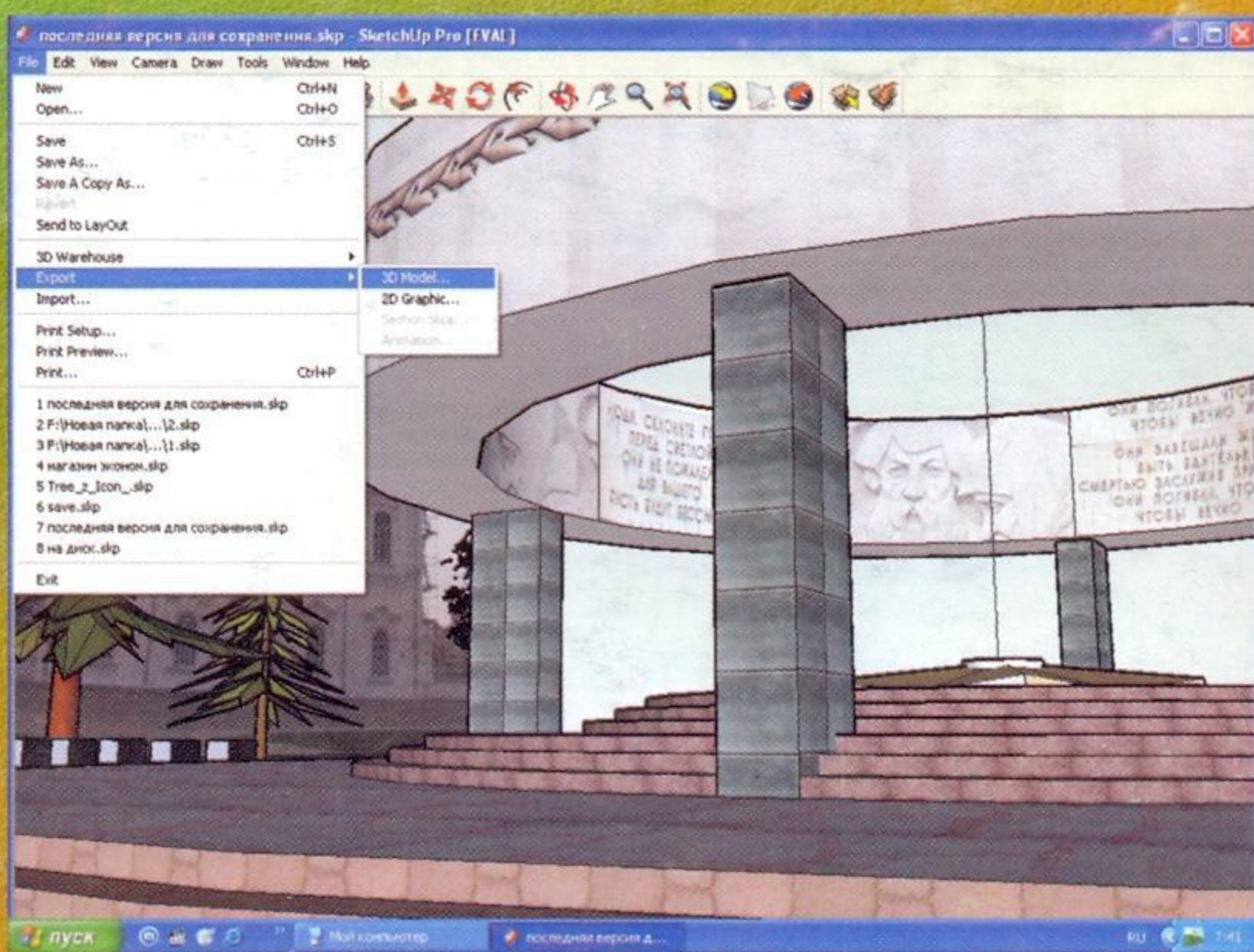


Рис. 4. Стадия №2 создания 3D-модели объекта

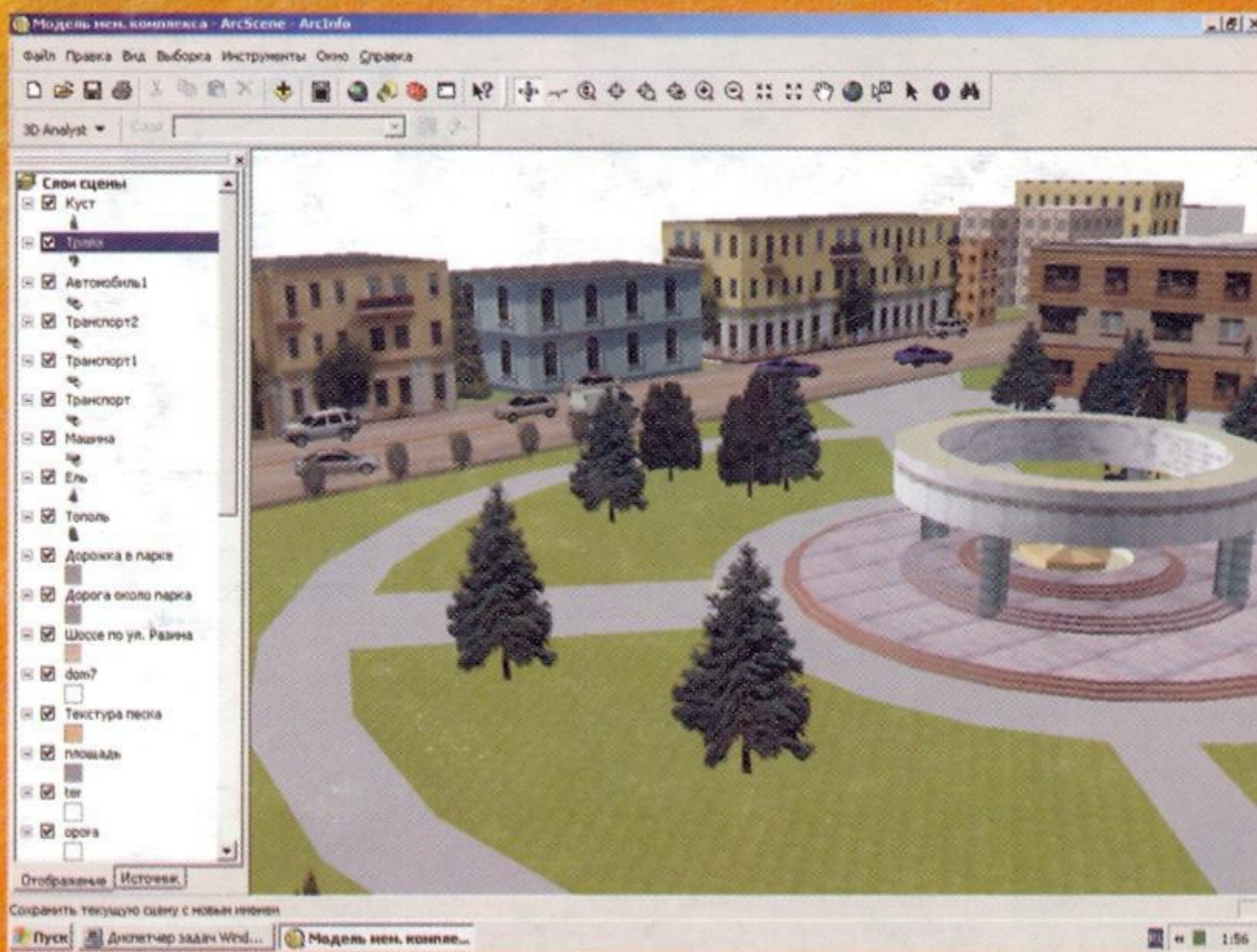


Рис. 5. Фрагмент 3D-вида модели монумента Вечной славы в г. Тамбове

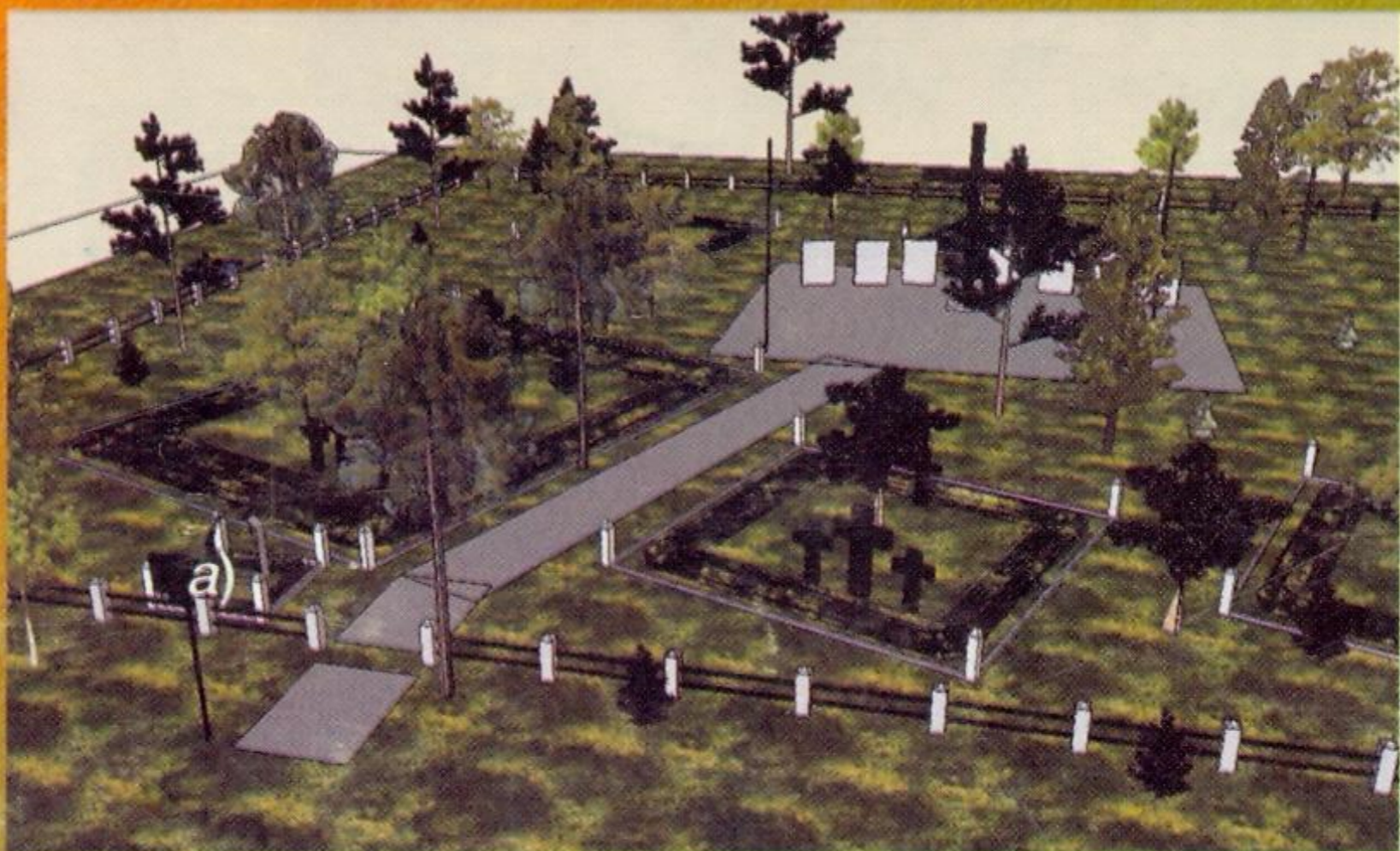


Рис. 6. Фрагмент 3D-вида модели мемориального комплекса на станции РАДА Тамбовского района