

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе

А.Л. Толстик



Регистрационный № УД- 4413 / уч.

**ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ АЛГОРИТМЫ НА ГРАФАХ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ WOLFRAM MATHEMATICA**

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:

1-31 03 04 Информатика

2017 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта высшего образования ОСВО 1-31 03 04-2013 и учебного плана G31-169/уч.-2013 и G31и-192/уч.-2013.

Составители:

Лагуто Анна Андреевна, ассистент кафедры компьютерных технологий и систем Белорусского государственного университета.

Рекомендована к утверждению:

Кафедрой компьютерных технологий и систем Белорусского государственного университета (протокол № 9 от 28 апреля 2017 г.)

Методической комиссией факультета прикладной математики и информатики Белорусского государственного университета (протокол № 5 от 16 мая 2017 г.).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная программа по учебной дисциплине «Вычислительные алгоритмы на графах с использованием Wolfram Mathematica» относится к компоненту учреждения высшего образования цикла дисциплин специализации и разработана в соответствии с учетом требований следующих нормативных и методических документов:

Образовательный стандарт Республики Беларусь «Высшее образование. I ступень. Специальность 1-31 03 04 Информатика, утвержден постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 30.08.2013 г. №87.

Учебный план по специальности 1-31 03 04 Информатика, утвержденный ректором 30.05.2013 г. (регистрационный № G31-169/уч.).

Учебный план по специальности 1-31 03 04 Информатика, утвержденный ректором 30.05.2013 г. (регистрационный № G31-192/уч.).

Программа отражает содержание учебной дисциплины «Вычислительные алгоритмы на графах с использованием Wolfram Mathematica».

Дисциплина «Вычислительные алгоритмы на графах с использованием Wolfram Mathematica» является дисциплиной специализации, читаемой студентам специальности первой ступени высшего образования «Информатика». Для успешного освоения дисциплины студентам понадобятся полученные ранее знания по базовой дисциплине «Алгоритмы и структуры данных», а также навыки работы с системами компьютерной математики.

Целью преподавания данной дисциплины является приобретение студентами знаний и навыков применения теоретико-графового подхода для решения недоопределенных разреженных систем линейных алгебраических уравнений, применения алгоритмов декомпозиции линейных систем с учётом их сетевых свойств, для решения задач потокового программирования.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием определено необходимостью уметь применять структуры данных и современные подходы для построения оптимальных решений задач потокового программирования, анализировать особенности традиционных и современных технологий построения численных решений рассматриваемых экстремальных задач на графах и сетях, свободно владеть системой компьютерной алгебры Wolfram Mathematica и функциональным программированием для решения различных научных и практических задач.

Основными задачами дисциплины являются:

- получение студентами глубоких знаний по основам программирования в системе компьютерной математики Wolfram Mathematica;
- освоение эффективных алгоритмов и технологий решения недоопределенных разреженных систем линейных алгебраических уравнений с использованием теоретико-графового подхода (в том числе систем большой размерности);
- умение применять рассматриваемые алгоритмы и технологии для решения неоднородных экстремальных задач потокового программирования

с взаимосвязью и преобразованием дуговых потоков, а также для решения задачи оптимального расположения сенсоров в узлах для оценки значений дуговых потоков и значений переменных интенсивностей узлов всего графа;

– получение знаний по специфическим особенностям подготовки и автоматического создания отчетной документации в системе Wolfram Mathematica.

Требования к академическим, социально-личностным и профессиональным компетенциям специалиста.

Специалист должен:

– *АК-1*. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

– *АК-2*. Владеть системным и сравнительным анализом.

– *АК-3*. Владеть исследовательскими навыками.

– *АК-4*. Уметь работать самостоятельно.

– *АК-5*. Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью).

– *АК-6*. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.

– *АК-7*. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.

– *АК-9*. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

– *АК-10*. Использовать основные законы естественно-научных дисциплин в профессиональной деятельности.

– *АК-11*. Владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации с использованием компьютерной техники.

– *СЛК-6*. Уметь работать в команде.

– *ПК-37*. Пользоваться глобальными информационными ресурсами.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

– эффективные алгоритмы решения недоопределенных разреженных систем линейных алгебраических уравнений неполного ранга;

– структуры данных для построения базиса пространства решений системы с учетом разреженности матрицы системы и теоретико-графовых свойств базисов;

– алгоритмы преобразования покрывающих деревьев в задачах сетевой оптимизации;

– алгоритмы и технологии построения характеристических векторов;

– технологии построения частного решения недоопределенных разреженных систем линейных уравнений с матрицей инцидентности графа;

– принципы декомпозиции линейных систем;

– технологии построения общего решения недоопределенных разреженных систем линейных алгебраических уравнений неполного ранга;

- основные приемы работы с системой компьютерной математики Wolfram Mathematica;
- функции системы Wolfram Mathematica для решения линейных систем, построения таблиц, работы с графами, визуализации графов, чтения из файлов и экспорта данных в файлы других форматов;
- принципы и операторы процедурного программирования, операторы функционального программирования в системе Wolfram Mathematica

уметь:

- решать недоопределенные разреженные системы линейных алгебраических уравнений неполного ранга;
- разрабатывать и подключать пакеты пользователя в системе Wolfram Mathematica;
- писать процедуры и функции в системе Wolfram Mathematica;
- разрабатывать пользовательские программы в системе Wolfram Mathematica для решения научных и практических задач;
- подключать систему Wolfram Mathematica к внешним программам для расчетов;
- оптимизировать код в системе Wolfram Mathematica для решения линейных систем большой размерности;
- использовать параллельные вычисления в системе Wolfram Mathematica для решения линейных систем большой размерности;
- применять изученные методы решения недоопределенных разреженных систем линейных уравнений в задачах сетевой оптимизации;
- автоматически создавать отчетную документацию по решаемой задаче в формате .pdf .

владеть:

- практическими навыками применения методов решения недоопределенных разреженных систем линейных уравнений в задачах сетевой оптимизации.

В учебном процессе используются интерактивные методы, элементы учебно-исследовательской деятельности. Лекции проводятся с использованием компьютерного проектора, демонстрацией слайдов презентаций и примеров работы программ. Задания лабораторного практикума – индивидуальные, разработанные в системе Wolfram Mathematica, так и общие (набор тестов для заданий решения систем различных размерностей).

Форма получения высшего образования – дневная (очная).

В соответствии с учебным планом по направлению специальности «Информатика», учебная программа предусматривает для изучения дисциплины: всего – 110 часов, аудиторных – 68 часов, из них лекций – 34 часов, лабораторных занятий – 30 часа, УСП – 4 часа (3 курс, 6 семестр).

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине – зачёт.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. Введение, графы и работа с ними, функции пользователя

Цель и содержание курса.

Графы и их создание в системе Wolfram Mathematica. Визуализация графов и мультиграфов, задание стилей, интерактивные эффекты. Раскраска графов и их элементов. Функции работы с графами.

2. Поток в сетях

Сеть, потоки в сетях. Внешние потоки. Условие сохранения потока в узлах сети. Пример задачи об однопродуктовом потоке минимальной стоимости в сетевом виде. Пример построения системы уравнений баланса заданной сети (системы уравнений с матрицей инцидентности).

Работа с текстовыми файлами в системе Wolfram Mathematica.

3. Процедурное программирование в Wolfram Mathematica

Основные парадигмы программирования. Определения функций и их типы в системе Wolfram Mathematica. Функции с наложенными на аргументы условиями (Condition, PatternTest). Задание функций с несколькими аргументами. Чистые функции и работа с ними.

Процедурное программирование в системе Wolfram Mathematica. Функции пользователя. Структуры Block, Module.

4. Функциональное программирование в Wolfram Mathematica

Функциональное программирование. Функциональное программирование в системе Wolfram Mathematica. Суперпозиция функций, использование кратких форм записи.

Система уравнений баланса без использования операторов цикла.

5. Разреженные недоопределенные системы линейных алгебраических уравнений с матрицей инцидентности графа и их свойства.

Матрица инцидентности и её свойства. Разреженные недоопределенные системы линейных алгебраических уравнений с матрицей инцидентности графа. Ранг матрицы системы. Критерий опорности.

Покрывающее (остовное) дерево графа, представление покрывающего дерева в виде корневого дерева, структуры представления корневого дерева (биективное отображение): список предков узлов, список направлений дуг, список уровней узлов и список династического обхода. Построение покрывающего дерева графа и определение структур представления корневого дерева в системе Wolfram Mathematica. Базовые операции с деревьями: определение единственной цепи в дереве, нахождение поддерева с корнем в заданном узле, определение всех листьев дерева, определение цикла в дереве.

6. Частное решение разреженной недоопределенной СЛАУ, экспорт данных в Wolfram Mathematica

Сохранение и экспорт данных ячеек вывода в файл формата .PDF в Wolfram Mathematica.

Алгоритм построения частного решения разреженной недоопределенной системы линейных алгебраических уравнений с матрицей инцидентности графа. Пример.

7. Характеристические векторы

Алгоритмы вычисления характеристических векторов. Пример.

8. Алгоритм построения общего решения разреженной недоопределенной СЛАУ, пакеты расширения в Wolfram Mathematica

Алгоритм построения общего решения разреженной системы уравнений баланса. Пример. Особенности практической реализации в системе Wolfram Mathematica. Тестирование алгоритма на графах больших размерностей.

Функции времени и даты, функции общесистемного характера в системе Wolfram Mathematica.

Пакеты расширения в Wolfram Mathematica, их создание и использование. Загрузка пакета пользователя в сессию Wolfram Mathematica.

9. Алгоритмы преобразования покрывающего дерева графа

Алгоритмы преобразования покрывающего дерева графа в задачах сетевой оптимизации. Удаление дуги остовного дерева, добавление дуги к лесу деревьев, перестроение списковых структур представления корневого дерева.

10. Декомпозиция разреженных систем линейных уравнений неполного ранга с дополнительными уравнениями общего вида

Декомпозиция разреженных систем линейных уравнений неполного ранга с дополнительными уравнениями общего вида. Детерминанты цикла и их вычисление, матрица детерминантов. Особенности построения общего решения разреженных систем линейных уравнений неполного ранга с дополнительными уравнениями общего вида.

11. Оптимизация кода пользователя в системе Wolfram Mathematica

Оптимизация кода пользователя в системе Wolfram Mathematica: использование чисел с плавающей точкой, функция Compile, задание типов аргументов компиляции, использование функции Compile для генерации кода на C, сохранение вычисленных значений, параллельные вычисления, функции Sow и Rearr как альтернатива функции AppendTo. Применение оптимизации кода для улучшения времени работы реализованных алгоритмов построения численного решения разреженной недоопределенной системы линейных алгебраических уравнений неполного ранга. Распараллеливания вычислений.

12. Технология построения и визуализация процесса решения разреженной системы линейных уравнений неполного ранга в системе Wolfram Mathematica

Пример декомпозиции разреженной недоопределенной линейной системы с дополнительными уравнениями общего вида. Технология построения общего решения рассматриваемой системы, визуализация системы и процесса построения решения в системе Wolfram Mathematica. Тестирование реализованного алгоритма на графах больших размерностей.

13. Коммуникация системы Wolfram Mathematica с внешними программами

Коммуникация системы Wolfram Mathematica с внешними программами на примере JAVA и .NET приложений. Протокол обмена данными MathLink между Wolfram Mathematica и программами пользователя. Перегруженные методы интерфейса IKernelLink. Загрузка пакета пользователя в сессию Wolfram Mathematica. Пример вызова функций Wolfram Mathematica из тестовой программы на ASP.NET.

14. Лабиринты, алгоритмы генерации лабиринтов

Лабиринты и графы, принципы и алгоритмы обходов лабиринтов. Алгоритмы генерации лабиринтов: рекурсивный алгоритм, алгоритм Эллера, алгоритм с использованием поиска в глубину, алгоритм Прима, алгоритм Крускала, алгоритм бинарных деревьев. Создание лабиринтов в Wolfram Mathematica.

15. Сетевая задача о потоке минимальной стоимости на обобщенной сети

Взаимосвязь задач сетевой оптимизации. Сетевая задача о потоке минимальной стоимости на обобщенной сети. Структура матрицы ограничений, структура опоры.

16. Разреженные недоопределенные системы в задаче оптимального расположения сенсоров

Разреженные недоопределенные системы в задаче оптимального расположения сенсоров. Общий вид разреженности. Моделирование графов в задачах оптимального расположения сенсоров. Пример моделирования графов. Случай неоптимального решения. Характеристические векторы. Опора сети для разреженной системы.

17. Алгоритм построения численного решения разреженных недоопределенных линейных систем неполного ранга для мультипоточковых сетей

Алгоритм построения численного решения разреженных недоопределенных линейных систем неполного ранга для мультипоточковых сетей. Пример декомпозиции и построения решения линейной системы. Реализация алгоритма в системе Wolfram Mathematica с использованием распараллеливания вычислений.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

№п/п	Название раздела, темы	Количество часов				Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Аудиторные					
		Лекции	Практ. и сем. занятия	Лаб. Занятия	Иное		
1	Введение, графы и работа с ними, функции пользователя	2					Электронный отчёт по лабораторной работе №1
2	Потоки в сетях	2		2			
3	Процедурное программирование в Wolfram Mathematica	2		2			Электронный тест
4	Функциональное программирование в Wolfram Mathematica	2		2			Электронный отчёт по лабораторной работе №2
5	Разреженные недоопределенные системы линейных алгебраических уравнений с матрицей инцидентности графа и их свойства	2		2			Электронный отчёт по лабораторной работе №3
6	Частное решение разреженной недоопределенной СЛАУ, экспорт данных в Wolfram Mathematica	2		2			Электронный отчёт по лабораторной работе №4
7	Характеристические векторы	2		2			
8	Алгоритм построения общего решения разреженной недоопределенной СЛАУ, пакеты расширения в Wolfram Mathematica	4		4			Электронный тест
9	Алгоритмы преобразования покрывающего дерева графа	2		2			Электронный отчёт по лабораторной работе №5

10	Декомпозиция разреженных систем линейных уравнений неполного ранга с дополнительными уравнениями общего вида	4		2		2	Электронный отчёт по лабораторной работе №6
11	Оптимизация кода пользователя в системе Wolfram Mathematica	2		2			Электронный отчёт по лабораторной работе №7
12	Технология построения и визуализация процесса решения разреженной системы линейных уравнений неполного ранга в системе Wolfram Mathematica	2		2		2	Индивидуальная контрольная работа
13	Коммуникация системы Wolfram Mathematica с внешними программами	2		2		2	Реализация алгоритма и результат работы программы
14	Лабиринты, алгоритмы генерации лабиринтов	2		2			Реализация алгоритма и результат работы программы
15	Сетевая задача о потоке минимальной стоимости на обобщенной сети						Электронный тест
16	Разреженные недоопределенные системы в задаче оптимального расположения сенсоров						Устный опрос
17	Алгоритм построения численного решения разреженных недоопределенных линейных систем неполного ранга для мультипоточковых сетей	2		2			Контрольный опрос
ИТОГО		34		30		4	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Рекомендуемая литература

Основная

1. *Пилипчук, Л. А.* Линейные неоднородные задачи потокового программирования: учеб.-метод. пособие. - Минск : БГУ, 2009. – 222 с.
2. *Пилипчук Л. А.* Разреженные недоопределенные системы линейных алгебраических уравнений. – Минск: БГУ, 2012. – 260 с.
3. *Пилипчук, А. С.* Расположение минимального числа обозреваемых узлов в обобщенном графе для оценки трафика его ненаблюдаемой части / А. С. Пилипчук // Вестник БГУ. 2015. Сер. 1. Физика. Математика. Информатика. № 1. С. 108–111.
4. *Pilipchuk L. A.* Sparse Linear Systems and Their Applications. – Minsk: BSU, 2013. – 235 p.
5. *Pilipchuk, L. A.* The general solutions of sparse systems with rectangular matrices in the problem of sensors optimal location in the nodes of a generalized graph / L. A. Pilipchuk, O. V. German, A. S. Pilipchuk // Vestnik BSU. 2015. Ser. 1. Fizika. Matematika. Informatika. No. 2. P. 91–96.
6. *Pilipchuk, L.A.* Sparse linear systems: theory of decomposition, methods, technology, applications and implementation in wolfram mathematica / L.A. Pilipchuk, A.S. Pilipchuk // American Institute of Physics. AIP Conf. Proc. Vol. 1690, 060006 (2015); doi: 10.1063/1.4936744. 9 p.
7. *Габасов, Р.* Методы линейного программирования: в 3 ч. / Р. Габасов, Ф.М. Кирилова. – Изд.стереотип., URSS, 2018. – Ч. 3: Специальные задачи. – 368 с.
8. *Йенсен, П.* Потокное программирование / П. Йенсен, Д. Барнес. – М.: Радио и связь, 1984. – 392 с.
9. *Филлипс Д.* Методы анализа сетей / Д. Филлипс, А. Гарсиа-Диас. - М.: Мир, 1984. – 496 с.
10. *Котов, В.М.* Алгоритмы и структуры данных: учеб. пособие / В.М. Котов, Е.П. Соболевская, А.А. Толстикова. – Минск: БГУ, 2011. – 267 с.
11. *Краснопрошин, В.В.* Исследование операций : учеб. пособие / В. В. Краснопрошин, Н. А. Лепешинский. – Минск : БГУ, 2013. – 191 с. – (Классическое университетское издание).
12. *Дьяконов В.* Mathematica 5/6/7. Полное руководство. -М.: ДМК-Пресс, 2009, 624с.
13. *Таранчук, В.Б.* Основы программирования на языке Wolfram: учеб. материалы для студентов фак. прикладной математики и информатики спец. 1-31 03 04 «Информатика» / В.Б. Таранчук. – Минск: БГУ, 2015. – 49 с.
14. *Таранчук, В. Б.* Основы работы с блокнотами Mathematica : учеб. материалы для студентов фак. прикладной математики и информатики / В. Б. Таранчук. – Минск : БГУ, 2015. – 52 с.

15. *Таранчук В. Б.* Основные функции систем компьютерной алгебры : пособие для студентов фак. прикладной математики и информатики. Минск : БГУ, 2013.

Дополнительная

16. Wolfram Demonstrations Project [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://demonstrations.wolfram.com>.
17. Mathematica for Teaching and Education [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.wolfram.com/training/courses/edu001.html>.
18. *Пилипчук, Л.А.* Алгоритмы и технологии построения решений разреженных недоопределенных линейных систем в Wolfram Mathematica / Л.А. Пилипчук, А.А. Лагуто // Технологии информатизации и управления: сб. науч. ст. в 2 кн / РИВШ; под ред. А.М. Кадана, Е.А. Свирского. – Минск, 2017. – Вып. 3, кн. 2. – С.264–272.
19. *Пилипчук, Л.А.* Теоретико-графовые свойства декомпозиции разреженных недоопределенных систем специального вида / Л.А. Пилипчук, А.А. Лагуто // Материалы Международного конгресса по информатике: Информационные системы и технологии (CSIST'2016), 24–27 октября 2016 г. – Минск: БГУ, Беларусь.– 2016. – с.1061-1067.
20. *Pilipchuk L. A.* Algorithms of Linear Systems Decomposition in Flow Programming Problems // Proceedings of II International Conference on Network Information Systems and Technologies. – Minsk, 2005, p. 136-141.
21. *Писсанецки С.* Технология разреженных матриц. – М.: Мир, 1988. – 416 с.
22. *Седжвик Р.* Фундаментальные алгоритмы на С. Алгоритмы на графах. – Пер. с англ. – СПб: ООО «ДиаСофтЮП», 2003. – 496 с.
23. *Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р., Штайн К.* Алгоритмы: построение и анализ. — 3-е изд. — М.: «Вильямс», 2013. – С. 1323.
24. *Ahuja, R.K.* Network Flows: Theory, Algorithms, and Applications / R.K. Ahuja, T.L. Magnanti, J.B. Orlin. – New Jersey: Prentice Hall, 1993. – 864 p.
25. *Свами М., Тхуласираман К.* Графы, сети и алгоритмы: пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 485 с.
26. *Даан-Дальмедико А., Пейффер Ж.* Пути и лабиринты. Очерки по истории математики: Пер. с франц.— М.: Мир, 1986. – 432 с.
27. *Джордж А.* Численное решение больших разреженных систем уравнений / А. Джордж, Дж. Лю. – М.: Мир, 1984. – 333 с.
28. *Златев З.* Прямые методы для разреженных матриц / З. Златев, О. Эстербю. – М.: Мир, 1987. – 119 с.
29. *Майника Э.* Алгоритмы оптимизации на сетях и графах: Пер. с англ. – М.: Мир, 1981. – 324 с.

ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ РЕЗУЛЬТАТОВ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ

Для диагностики компетенций студентов используются следующие формы:

1. Устная форма.
2. Письменная форма.
3. Устно-письменная форма.
4. Техническая форма.

К устно-письменной форме диагностики компетенций относятся:

1. Контрольные опросы.
2. Индивидуальная контрольная работа.
3. Зачёт

К технической форме диагностики компетенций относятся:

1. Электронные тесты.
2. Электронные отчёты по лабораторным работам.
3. Реализация алгоритма и результат выполнения программы.

В качестве технических средств диагностики компетенций в рамках дисциплины специализации используется портал смешанного и дистанционного обучения БГУ dl.bsu.by. Портал позволяет выкладывать для студентов учебные и учебно-методические материалы: презентации к лекциям, методические указания к лабораторным работам, электронные версии домашних заданий, материалы текущего контроля и текущей аттестации, позволяющие определить соответствие учебной деятельности обучающихся требованиям образовательных стандартов высшего образования и учебно-программной документации, в том числе вопросы для подготовки к зачёту, задания, тесты, вопросы для самоконтроля, список рекомендуемой литературы, информационных ресурсов и др.

ПЕРЕЧЕНЬ ЗАДАНИЙ УПРАВЛЯЕМОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Тема 12. Технология построения и визуализация процесса решения разреженной системы линейных уравнений неполного ранга в системе Wolfram Mathematica.

Задание 1. Построить систему с матрицей инцидентности для заданного графа, выписать множества дуг покрывающего дерева.

Задание 2. Построить списковые структуры для заданного корневого дерева, построить частное решение системы.

Задание 3. Вычислить характеристические вектора, порожденные дугами неопорного множества.

Задание 4. Построить общее решение системы с матрицей инцидентности.

Задание 5. Записать ограничения общего вида для указанных параметров $\lambda(i,j)$ и $\alpha(t)$; вычислить детерминанты циклов, порожденных дугами неопорного множества.

Перечень используемых средств диагностики результатов управляемой самостоятельной работы студентов:

выполнение согласно заданиям индивидуальной работы по решению разреженной системы линейных уравнений неполного ранга, анализ письменной работы.

Тема 13. Коммуникация системы Wolfram Mathematica с внешними программами.

Задание 1. Написать программу на языке высокого уровня (C#, Java, Python), которая передает параметры заданной разреженной системы линейных уравнений неполного ранга в систему Wolfram Mathematica и запускает на выполнение функцию пользователя из пакета пользователя. Результат работы функции (рисунок графа, построенная система баланса, опорное дерево и списковые структуры) возвращается обратно в программу и выводится на экран пользователю.

Перечень используемых средств диагностики результатов управляемой самостоятельной работы студентов:

подготовка электронной программы согласно заданию, результат выполнения программы, индивидуальная защита учебного задания.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ И ПРОВЕДЕНИЕ АТТЕСТАЦИИ

Контрольные мероприятия проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины. В случае неявки на контрольное мероприятие по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем выполнить его в дополнительное время. Для студентов, получивших неудовлетворительные оценки за контрольные мероприятия, либо не явившихся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой мероприятие может быть проведено повторно.

МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ ИТОГОВОЙ ОЦЕНКИ

Итоговая оценка формируется на основе:

- Правил проведения аттестации студентов (Постановление Министерства образования Республики Беларусь № 53 от 29 мая 2012 г.);
- Положения о рейтинговой системе оценки знаний по дисциплине в БГУ (Приказ ректора БГУ от 18.08.2015 № 382-ОД);
- Критериев оценки знаний студентов (письмо Министерства образования от 22.12.2003 г.).

Формой текущей аттестации по дисциплине «Вычислительные алгоритмы на графах с использованием Wolfram Mathematica» учебным планом предусмотрен зачёт.

Для общей оценки качества усвоения студентами учебного материала рекомендуется использование рейтинговой системы. Рейтинговая оценка, дает возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения и предусматривает использование весовых коэффициентов для текущего контроля знаний. Весовые коэффициенты, определяющие вклад текущего контроля знаний в рейтинговую оценку текущей успеваемости в семестре:

- 1) работа на лабораторных занятиях – 0.7;
- 2) индивидуальная контрольная работа – 0.3.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Алгоритмы и структуры данных (ГЭ)	Кафедра компьютерных технологий и систем	нет	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения, протокол № 9 от 28 апреля 2017 г.