

Министерство образования и науки РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени С. М. Кирова»

Кафедра информационных систем и технологий

ИНФОРМАЦИОННЫЕ
СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ:
ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

Сборник научных трудов

Выпуск 7

Санкт-Петербург
2015

Рассмотрен и рекомендован к изданию
Научно-методическим советом
Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета
18 мая 2015 г.

Редакционная коллегия:

А. М. Заяц, кандидат технических наук, профессор (отв. редактор),
М. А. Шубина, кандидат технических наук, доцент (отв. секретарь),
И. В. Панфилов, доктор технических наук, профессор

Составитель

М. А. Шубина, кандидат технических наук, доцент (отв. секретарь)

Рецензент

Доктор технических наук, профессор ВТ НИУИТМО **А. А. Ожиганов**

Информационные системы и технологии: теория и практика:
сб. науч. тр. вып. 7 / отв. ред. А. М. Заяц. – СПб.: СПбГЛТУ, 2015. – 80 с.

ISBN 978-5-9239-0779-7

Сборник подготовлен по материалам кафедры вуза, представленным на научно-технической конференции лесохозяйственного факультета СПбГЛТУ в январе 2015 г., и практических работ, выполненных ее сотрудниками.

А.М. Заяц, кандидат технических наук, профессор
А.В. Ульянов, Л.А. Яловка студенты

ИНФОРМАЦИОННЫЙ КИОСК КАФЕДРЫ ИСИТ

В статье представлен материал по разработке кафедрального информационного киоска (КИК), обеспечивающего терминальный доступа к информационной системе университета, на котором размещается учебная, административная и научная информация СПбГЛТУ и в частности кафедры информационных систем и технологий: новости, расписание занятий, результаты экзаменов, приказы и распоряжения, информация о ППС и научных направления и т.п.

Предполагаемое место расположения КИКа представлено на рис. 1.



Рис.1. Расположение информационного киоска на кафедре ИСиТ

Наполнение контента КИК осуществляется по схеме рис.2 и включает:

- данные, не требующие частой актуализации (статическая информация);
- часто меняющиеся данные;
- данные изменяющиеся в реальном масштабе времени (например, новости).

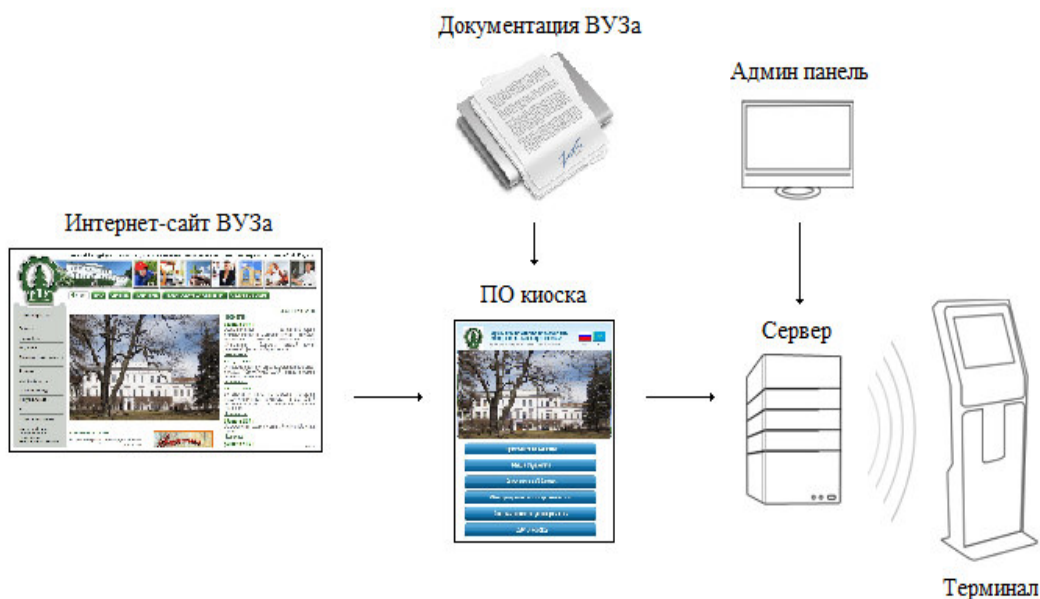


Рис. 2. Схема наполнения информационного киоска

Программное обеспечение КИКа реализовано в программной среде Delphi и обеспечивает формирование различных разделов контента киоска в ранее описанных режимах. На рис. 3 представлены скриншоты главной страницы «О КАФЕДРЕ» и раздела «Сотрудники кафедры».

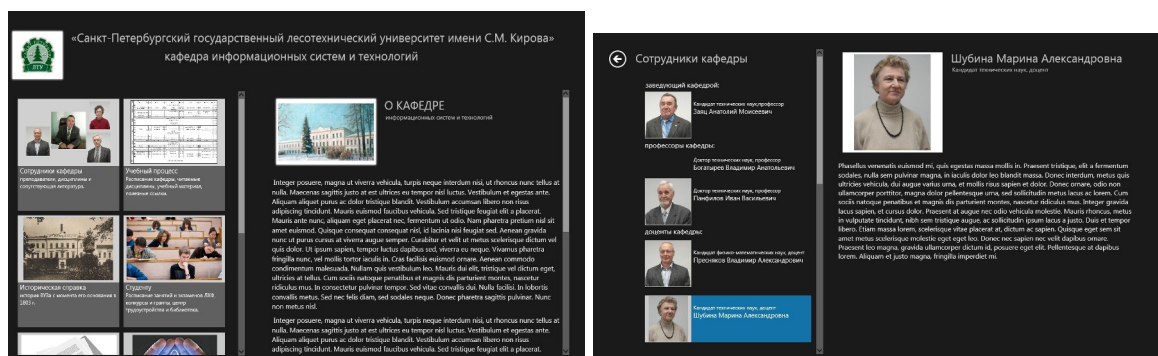


Рис.3. Примеры разделов информационного киоска

Меню разделов информационного киоска обеспечивает навигацию по разделам, содержащим историческую справку и современную информацию о кафедре ИСиТ и ее сотрудниках, ФГОСы, учебные рабочие планы расписание занятий и учебные программы дисциплины изучаемых на кафедре, расписания занятий, научные исследования (все о научной деятельности кафедры), действующую учебно – методическую документацию кафедры, данные об образовательных ресурсах кафедры, СПбГЛТУ, сети Интернет и многое другое.

Амбросовский В.М. кандидат технических наук, доцент
Хабаров С.П. кандидат технических наук, доцент
Корнев А.С., ведущий специалист, ЗАО «ТРАНЗАС»

АДАПТИВНЫЙ ФИЛЬТР КАЛМАНА К ВНЕШНИМ ВОЗМУЩЕНИЯМ

Введение

Для корректировки скорости сходимости фильтра Калмана используется подбор значений ковариационной матрицы R шумов измерителей и значения дисперсии внешнего возмущения в матрице интенсивности возмущений Q . Если дисперсии шумов измерителей известны, то интенсивность внешнего возмущения не является известной величиной. Кроме того, интенсивность внешнего возмущения изменяется в широких пределах (например, движение морского подвижного объекта при штиле и в штормовых условиях). Настройка фильтра на какое-то промежуточное значение интенсивности внешнего возмущения не дает хороших результатов при работе вблизи границ. Для решения этой проблемы используют банки нескольких фильтров Калмана с оценкой полученных результатов на основе функции правдоподобия, имеющей нормальное распределение. К основным недостаткам данного метода можно отнести параллельную работу нескольких фильтров, что приводит к большим вычислительным затратам.

В данной статье предлагается метод адаптации фильтра Калмана к внешним возмущениям, который позволяет проводить оценку дисперсии внешнего возмущения с последующей корректировкой значения дисперсии в матрице интенсивности возмущений.

Адаптация фильтра Калмана к внешним возмущениям

Рассмотрим математическое описание задачи обработки сигналов навигационно–измерительных датчиков. Уравнения движения морского подвижного объекта (МПО) задается системой нелинейных дифференциальных уравнений 12 порядка

$$\dot{x}(t) = f(x(t), u(t)), x(0) = x_0 \quad (1)$$

Уравнение (1) представляет собой дифференциальные уравнения, описывающие динамику изменения кинематических параметров и кинематические связи между параметрами движения МПО.

Для упрощения решения задачи рассмотрим кинематические параметры по отдельным плоскостям движения МПО. Математическая модель объекта контроля, будет иметь вид:

$$\begin{cases} \dot{x}_1(t) = x_2 \\ \dot{x}_2(t) = b \cdot u(t) \end{cases} \quad (2)$$

где: $x_1(t)$ – кинематический параметр, $x_2(t)$ – скорость изменения кинематического параметра, $u(t)$ – закон управления.

Данную систему уравнений можно дополнить еще одним уравнением, описывающим действие внешних сил на МПО. Пусть $x_3(t)$ обозначает значение внешнего воздействия на отдельно взятую плоскость МПО в момент времени t , значение которого при $t = 0$ находилось в начале координат. Положим, что результирующее действие внешних сил, действующих на МПО, приводящее к изменению кинематического параметра в течение определенного интервала времени (t_i, t_{i+1}) , состоит из суммы большого числа малых внешних воздействий. При этом интервал времени (t_i, t_{i+1}) намного превышает среднее время между двумя, следующими друг за другом изменениями кинематического параметра, вызываемыми отдельными внешними малыми воздействиями. Следовательно, здесь имеется возможность применить центральную предельную теорему, что позволит функцию распределения приращения $x_3(t_i) - x_3(t_{i+1})$ аппроксимировать нормальным распределением.

Тогда система (2) примет следующий вид [1, 2]:

$$\begin{cases} \dot{x}_1(t) = x_2 \\ \dot{x}_2(t) = x_3 \\ \dot{x}_3(t) = w(t), \end{cases} \quad (3)$$

где: $x_3(t)$ – винеровский процесс, описываемый уравнением:

$$x_3(t) = \int_0^t w(\tau) d\tau, \quad x_3(0) = 0, \quad (4)$$

$w(t)$ – внешнее воздействие, в качестве которого принимается “белый” шум с параметрами $m_x(t)$ (математическое ожидание) и $\sigma_x^2(t)$ (дисперсия).

Параметры $m_x(t)$ и $\sigma_x(t)$ зависят от внешних возмущений, действующих на МПО, таких как действующая волна, ветер и другие.

Одним из свойств винеровского процесса является свойство осцилляции Леви [3, стр. 84], описываемое следующим уравнением:

$$\lim_{\max(t_{i+1}-t_i) \rightarrow 0} \sum_{i=1}^N [x_3(t_{i+1}) - x_3(t_i)]^2 = T \sigma^2$$

Согласно данному свойству, если мы будем наблюдать изменение параметра $x_3(t)$ на промежутке времени T , который состоит из большого числа N достаточно малых интервалов $[(t)_i, t_{i+1})$, таких что, $[(t)_{i+1} - t_i] \ll T$, тогда сумма квадратов приращений измеряемого

параметра $x_3(t)$ стремиться к произведению длины промежутка времени T на значение дисперсии σ^2 параметра $x_3(t)$.

Сформируем окно, длина N которого будет значительно превышать время получения данных от навигационно-измерительных датчиков. В данном окне проведем оценку математического ожидания и дисперсии процесса $x_3(t)$, используя формулы (4, 5) математической статистики [4].

$$\bar{x}_3 = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} x_3(t_i) \quad (5)$$

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=0}^{N-1} [x_3(t_i) - \bar{x}_3]^2 \quad (6)$$

Получив значение оценки дисперсии σ_x^2 внешних возмущений на длине окна, его нужно учесть в матрице интенсивности возмущений Q .

Запишем уравнение состояния и измерения в дискретном виде:

$$x(k) = A \cdot x(k-1) + G \cdot w(k-1), \quad (7)$$

$$y(k) = C \cdot x(k) + \lambda(k), \quad (8)$$

где: A – матрица состояния, G – матрица внешних возмущений, C – матрица измерений, $\lambda(k)$ – шум измерителя с ковариационной матрицей R и нулевым математическим ожиданием, $w(k-1)$ – внешнее воздействие на предыдущем шаге с матрицей интенсивности возмущений Q и нулевым математическим ожиданием.

Матрицы A и G с учетом (3) и (4) определяются следующим образом:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & dt & 0 \\ 0 & 1 & dt \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad G = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ dt \end{bmatrix}, \quad (9)$$

где: dt – шаг дискретизации.

Запишем уравнение фильтра Калмана в дискретном виде:

$$\hat{x}(k) = \hat{x}(k-1) + K \cdot (y(k) - C \cdot \hat{x}(k-1)) \quad (10)$$

где: $\hat{x}(k)$ – оценка вектора состояния на k -м шаге; K – коэффициент усиления фильтра Калмана.

Теперь рассмотрим процесс синтеза фильтра Калмана:

1. Находим дисперсию оптимального восстановления вектора (x_1, x_2, x_3) , то есть ковариационную матрицу ошибок экстраполяции:

$$\hat{P}(k) = AP(k-1)A^T + GQG^T,$$

2. Обновляем ковариационную матрицу ошибок фильтрации:

$$P(k) = \frac{\hat{P}(k) - \hat{P}(k) \cdot C^T}{C \cdot \hat{P}(k) \cdot C^T + R} \cdot C \hat{P}(k)$$

3. Вычисляем коэффициент усиления фильтра Калмана:

$$K = \frac{P(k) \cdot C^T}{R}$$

4. Рассчитываем оценку вектора состояния:

$$\hat{x}_k = \hat{x}_{k-1} + K \cdot (y_k - C\hat{x}_{k-1})$$

5. Рассчитываем оценку вектора наблюдения:

$$\hat{y}_k = C\hat{x}_k$$

6. Проводим оценку x_a на интервале окна N с учетом (5) и (6), вычисляя стандартное среднеквадратическое отклонение:

$$\sigma(k) = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_{ai} - x_a)^2 dt}$$

Далее обновляем матрицу интенсивности возмущений Q , установив полученное значение $\sigma(k)$ место априорно заданной дисперсии. Далее на каждом шаге фильтрации необходимо сдвигать окно на один шаг и заново проводить расчет дисперсии внешних возмущений с обновлением этого значения в матрице интенсивности возмущений.

На рис.1 представлены натурные данные, поступающие от инерциальной навигационной системы, на вход фильтра Калмана.

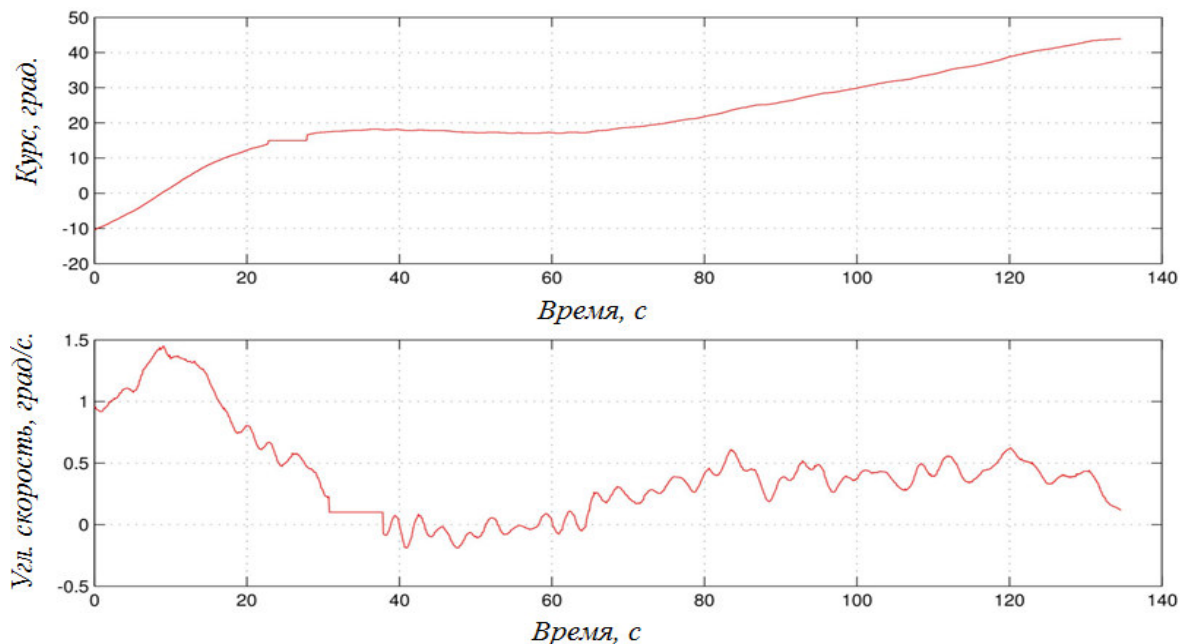


Рис.1. Данные с инерциальной навигационной системы

На рис. 2 и 3 показана оценка $x_a(t)$ обычным фильтром Калмана и фильтром Калмана с адаптацией к внешним возмущениям при начальном

заданном значении среднеквадратического отклонения $\sigma_x = 10$ и $\sigma_x = 0,01$ на длине окна равной 20 секунд.

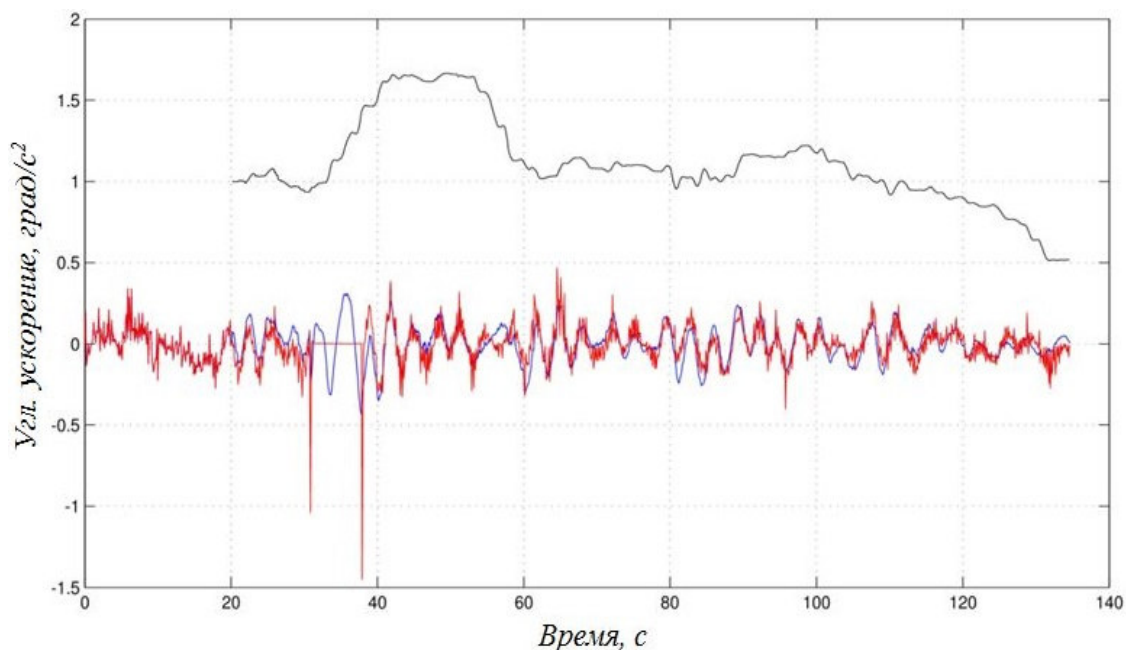


Рис.2. Оценка $x_B(t)$ при начальной $\sigma_x = 10$: красная линия – фильтр Калмана, синяя линия – адаптивный фильтр Калмана, черная линия – оценка дисперсии внешнего возмущения.

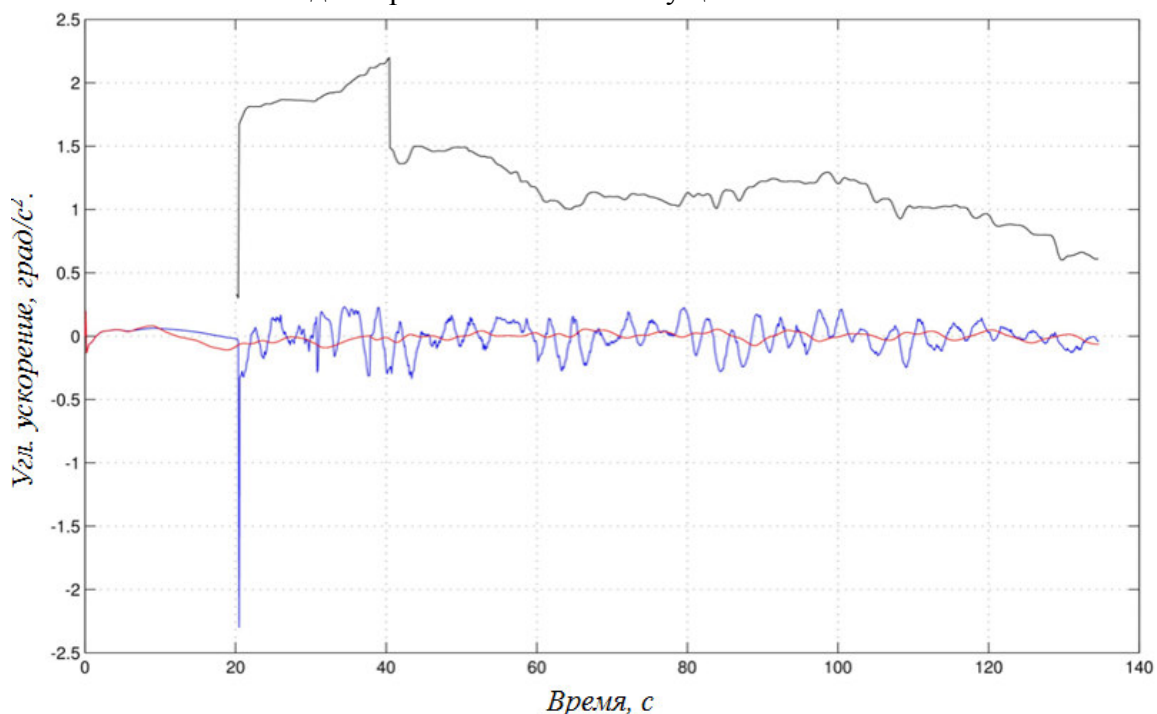


Рис.3. Оценка $x_B(t)$ при начальной $\sigma_x = 0,01$: красная линия – фильтр Калмана, синяя линия – адаптивный фильтр Калмана, черная линия - оценка дисперсии внешнего возмущения.

Заключение

Предложенный метод оценки дисперсии внешних возмущений позволят построить адаптивный фильтр Калмана к внешним возмущениям. Данный метод был проверен моделированием для морского подвижного объекта для различных ветро-волновых возмущений, а позже опробован на реальном объекте при проведении натурных испытаний, где подтвердил свою эффективность работы при адаптации к внешним возмущениям.

Библиографический список

1. Ambrosovsky V.M., Ambrosovskaya E.B. Sea trials of high speed crafts data processing and model identification. – FAST (International Conference on Fast Sea Transportation), 2005.
2. Гоголевский С.Г., Уткин Л.В., Хабаров С.П. Метод обнаружения аномальных измерений в системах реального времени на основе алгоритмов машинного обучения. Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии: Вып. 206. СПб.: СПбГЛТУ, 2014. — с. 173-180.
3. Сейдж Э., Мелс Дж. Теория оценивания и её применение в связи и управлении. — М.: Связь, 1976. — 496 с.
4. Козбарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. — 816 с.

Н.П. Васильев, кандидат технических наук, доцент

РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ФОРЧУНА РАСЧЕТА ДИАГРАММЫ ВОРОНОГО НА РНР

Введение

В статье обсуждается известная задача отыскания разбиения плоскости, на которой заданы произвольные точки, на соответствующее количество областей, которые называются многоугольниками Вороного или ячейками Вороного, иногда — многоугольниками близости, ячейками Дирихле, разбиением Тиссена. Каждая такая область – это множество точек плоскости наиболее близких соответствующей точке. Для решения этой задачи было разработано достаточно много алгоритмов, которые, однако, являются сложными для реализации и, самое главное,

малоэффективными (например, алгоритм, основанный на отыскании пересечения полуплоскостей).

Тем не менее, такой эффективный алгоритм был найден, но по какой-то причине (до недавнего времени) не использовался и не упоминался в русскоязычной литературе. Например, в монографии Скворцова [3], датируемой 2002 годом, полностью посвященной обсуждаемой теме, об этом не сказано ни слова.

Речь идет об алгоритме, который был опубликован в 1986 году его автором – Стивенем Форчуном (Steven Fortune) [1]. В различных источниках удалось найти упоминания о реализации этого алгоритма на языках: Си, Си++, С#, Java, JavaScript. Однако не удалось найти реализацию алгоритма на языке PHP. Вместе с тем, реализация на PHP позволяет выносить решение соответствующих прикладных задач (которые связаны с отысканием областей близости, или триангуляции) во всемирную паутину и использовать технологии WEB2. По этой причине соответствующий пробел был ликвидирован – алгоритм реализован на PHP. Кроме диаграммы Вороного, разработанная программа также отыскивает сопряженную триангуляцию Делоне.

Далее более формально и детально описываются постановки задач отыскания диаграммы Вороного и триангуляции Делоне. Кратко формулируются их замечательные свойства и, наконец, кратко описывается сам алгоритм Форчуна.

Диаграмма Вороного. Пусть на плоскости заданы произвольные точки P_i ($i = 1, 2, \dots, n$), эти точки иногда называют сайтами. Для каждой такой точки определяется область Вороного V_i , как множество точек, которые расположены ближе к выбранной точке P_i , чем к любой другой точке P_j (где $j \neq i$). То есть $P \in V_i$, если $d(P, P_i) \leq d(P, P_j)$ для всех $j \neq i$. Здесь d обозначает расстояние (дистанцию) между двумя точками.

Границы областей Вороного составляют диаграмму Вороного, пример которой представлен на рисунке 1. Пример является результатом работы презентуемой в статье программы для некоторого случайного набора точек. Каждая такая граница – это точки, находящиеся на равном расстоянии от двух соседних сайтов. Точки соединения границ называют вертексами. Вертексы, очевидно, находятся на равном расстоянии от трех соседних сайтов, то есть являются центрами проходящих через них окружностей.

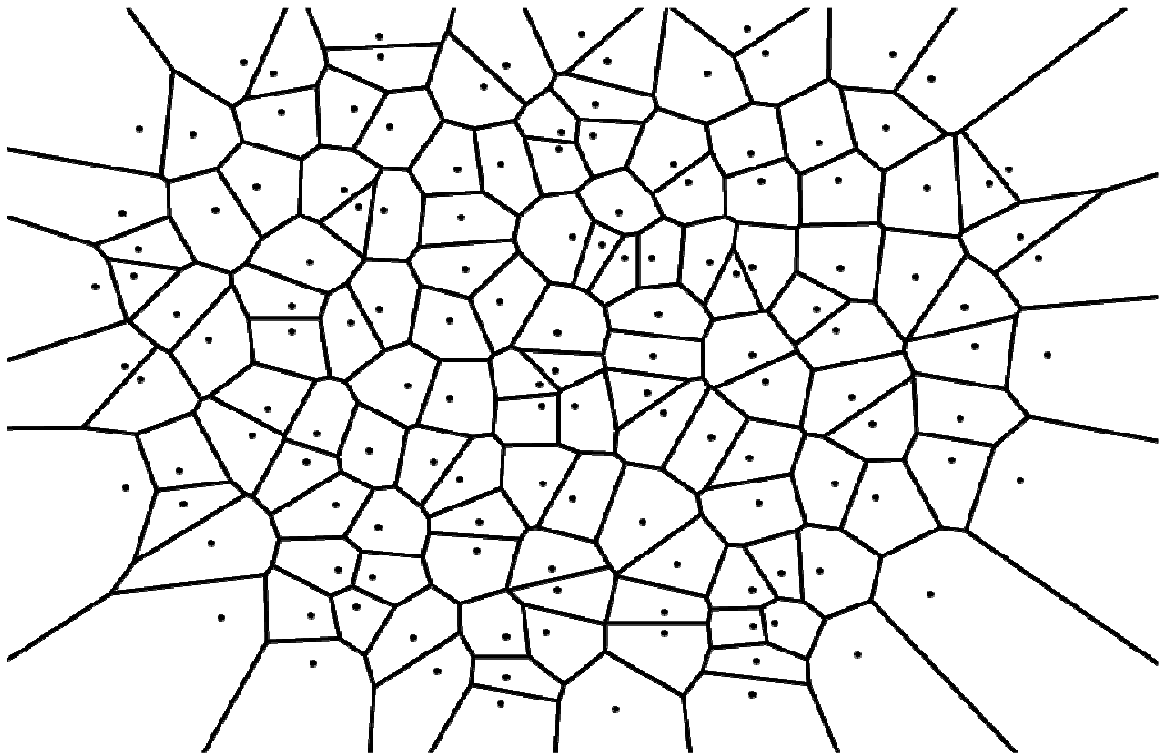


Рис. 1. Области Вороного могут быть ограниченными и бесконечными

Границы областей составляют диаграмму Вороного: это отрезки прямых линий, или бесконечные лучи, которые соединяются по три в точках, называемых вертексами.

Триангуляция Делоне. С задачей построения диаграммы Вороного связана сопряженная задача триангуляции Делоне. Если решена одна из задач, то решена и другая задача, то есть диаграмма Вороного позволяет получить сопряженную триангуляцию Делоне и наоборот.

Задача триангуляции ставится следующим образом. Для заданного выше множества точек на плоскости, которых должно быть не менее трех ($n > 3$) и не все они коллинеарны (то есть не лежат на одной прямой) определяется минимальный выпуклый полигон, который содержит все эти точки. Триангуляцией называется разбиение этого полигона на треугольники, вершинами которых являются заданные точки. При этом все точки должны быть задействованы и никакие две точки нельзя соединить отрезком, не пересекая сторон треугольников. Стороны треугольников называются ребрами. Триангуляция, таким образом, представляет некоторый планарный граф, вершинами которого являются исходные точки.

Очевидно, решение задачи триангуляции не является однозначным. Можно, таким образом, определять дополнительные критерии триангуляции. Например, считать триангуляцию оптимальной, если сумма всех ребер минимальна. Это особенно важно для многих приложений

триангуляции. К сожалению, такая задача является NP-полной и не имеет эффективных алгоритмов решения [2].

Если окружность, описанная вокруг каждого треугольника, не содержит внутри ни одной из заданных точек, то такая триангуляция называется триангуляцией Делоне [1]. Оказывается, кроме свойства «пустой окружности», эта триангуляция обладает рядом дополнительных замечательных свойств.

Теорема (без доказательства). Триангуляция Делоне обладает максимальной суммой минимальных углов всех своих треугольников среди всевозможных триангуляций.

Теорема (без доказательства). Триангуляция Делоне обладает минимальной суммой радиусов окружностей, описанных вокруг всех своих треугольников, среди всевозможных триангуляций.

Таким образом, для триангуляции Делоне все треугольники будут наиболее близки к равносторонним треугольникам.

Как уже было сказано, вычислив диаграмму Вороного, мы тем самым определяем триангуляцию Делоне и наоборот.

Представляемая в статье программа позволяет решить обе задачи. На рисунке 2 представлена триангуляция Делоне, сопряженная диаграмме Вороного, представленной на рисунке 1, то есть построенной по тем же сайтам, с помощью презентуемой программы.

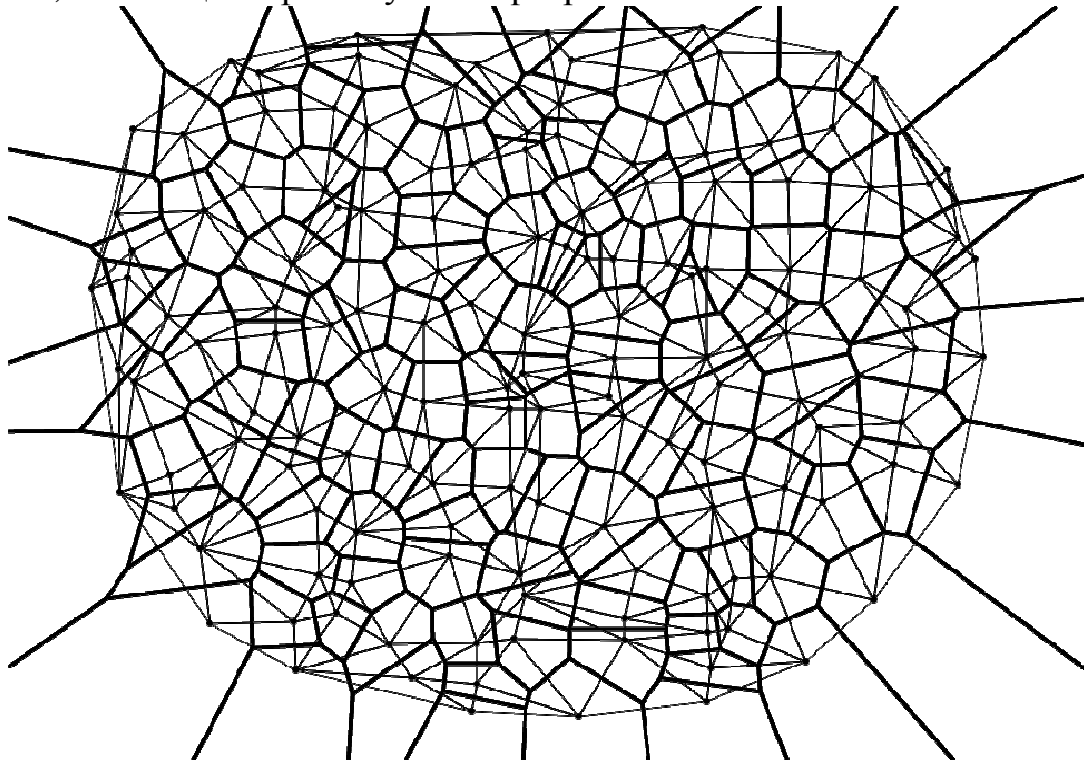


Рис. 2. Тонкими линиями представлена триангуляция Делоне, толстыми линиями изображена сопряженная диаграмма Вороного

В вычислительной геометрии известно множество задач, линейно сводимых к задаче построения триангуляции Делоне. Рассмотрим наиболее часто встречающиеся на практике задачи. Соответствующие алгоритмы приведены в [2].

Задача построения евклидова минимального остовного дерева. Эта задача формулируется следующим образом: для заданных на плоскости n точек необходимо построить дерево, суммарная длина рёбер которого минимальна. На практике эта задача в явном виде применяется для оптимизации длины линий электропередач, телефонной сети или иных подобных задач. На основе остовного дерева может быть построено приближенное решение задачи коммивояжера. Пример построения остовного дерева приведен на рисунке 3.

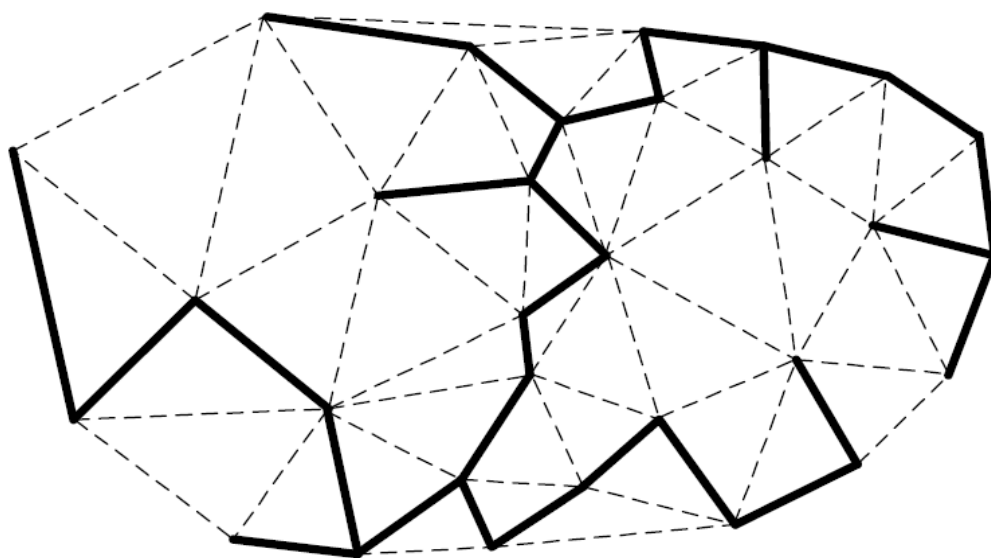


Рис. 3. Пример минимального остовного дерева, построенного по заданным точкам

Построение оверлеев и буферных зон. Оказывается, эти задачи также могут быть эффективно решены с помощью триангуляции.

Построение зон близости. Зоны близости – это и есть области Вороного.

Нахождение максимальной пустой окружности. В задаче нахождения наибольшей пустой окружности требуется найти наибольшую окружность, не содержащую внутри ни одной точки заданного множества точек, центр которой лежит внутри выпуклой оболочки исходных точек.

Данная задача возникает при размещении какой-то службы или предприятия, при этом требуется максимально удалить объект от других заданных объектов. Размещаемый объект может быть источником загрязнений, поэтому необходимо минимизировать его воздействие на

другие объекты, либо это магазин, и необходимо поместить его подальше от конкурентов.

Суть алгоритма состоит в том, что все множество исходных точек делится с помощью прямой линии, которая называется «заметаящей» (sweep line), на два множества: для одного множества диаграмма Вороного уже построена, а для другого – нет. Заметаящая линия – это горизонтальная (или вертикальная) прямая, которая делит плоскость на две части и позволяет «забыть» про точки, находящиеся в одной из половин – в той, где диаграмма еще не построена.

Для половины, где диаграмма построена, заметаящая линия будет иметь свою область влияния (близости). Для каждой «приграничной» точки границей зон влияния этой точки и заметаящей линии будет являться парабола (это действительно так, для этого достаточно вспомнить определение параболы). Для ряда приграничных точек эти параболы образуют непрерывную границу, которая называется «пляжной линией» (beach line). Пример представлен на рисунке 4.

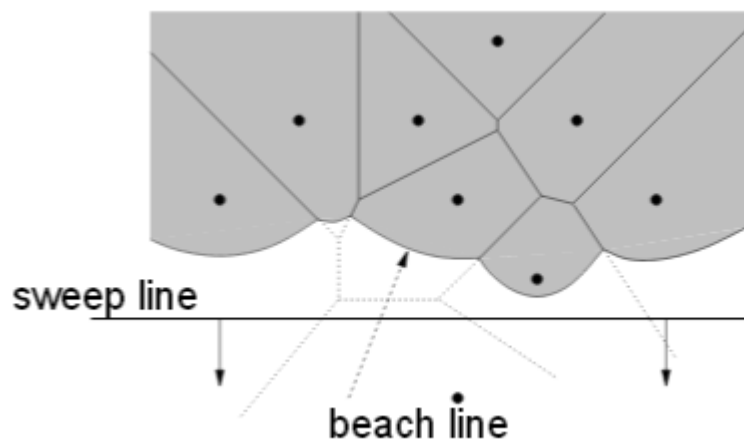


Рис. 4. Демонстрация действия «заметаящей линии» (sweep line)

Диаграмма строится при движении заметаящей линии. При этом точки пересечения соседних парабол будут прорисовывать ребра диаграммы Вороного, поскольку эти точки будут находиться на одинаковом удалении от фокусов соседних парабол и от заметаящей линии.

Оказывается для построения диаграммы достаточно отслеживать ряд ключевых событий. Во-первых, это достижение заметаящей линией очередной точки, что приводит к появлению нового параболического фронта на «пляжной линии» и к появлению нового ребра диаграммы. Во-вторых, это исчезновение параболической выпуклости «пляжной линии»,

которая поглощается соседними параболическими фронтами (выпуклостями). Это событие соответствует появлению нового вертекса – точки соединения трех ребер. При этом одно из трех ребер является «новорожденным».

Алгоритм, фактически, сводится к отслеживанию этих событий. Формируется очередь событий. В этой очереди события первого типа соответствуют исходным точкам, отсортированным по убыванию своей ординаты. Если ординаты одинаковы, то используются абсциссы. Точки с меньшей абсциссой пользуются большим авторитетом. После обработки каждого такого события для трех соседних точек производится проверка: могут ли их фронты «зажать» средний фронт, то есть, возможно (или нет) образование вертекса. Если это так, то в очередь добавляется соответствующее событие второго типа.

Для отслеживания состояния фронта «пляжной линии» используется бинарное дерево. В рамках данной статьи не уточняется порядок его использования, дабы не утомлять читателя излишними подробностями.

После того, как все события и первого и второго типов будут исчерпаны, используется специальная процедура, которая достраивает и усекает ребра диаграммы так, чтобы она вписывалась в ограниченное полотно заданных размеров. На этом работа алгоритма заканчивается (если не учитывать процедуру нахождения сопряженной триангуляции Делоне).

Библиографический список

1. Steven Fortune. A sweepline algorithm for Voronoi diagrams. *Proceedings of the second annual symposium on Computational geometry*. Yorktown Heights, New York, United States, pp.313–322. 1986.
2. Делоне Б. Н. О пустой сфере // Изв. АН СССР. Сер. ОМЭН. 1934. Т. 4. С. 793-800.
3. Скворцов А. В. Триангуляция Делоне и ее применение. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 2002

И.В. Ганичев, кандидат технических наук, доцент
С.В. Киселева, ст. преподаватель
В.В. Горбач, студент 3 курса

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ СТРАТЕГИЙ КВАНТОВАНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИСХОДНОГО СИГНАЛА

Аналоговые цифровые преобразователи (АЦП) устанавливаются в цепях цифровых систем для преобразования аналоговых сигналов в коды.

Зададим дискретные отсчеты сигнала на основе выбранной модели:
 $f(t) := t \cdot \exp(-t) + 0.02$.

Установим границы переменной i и выведем таблицу выходных значений (рис.1). Отмечаем, что сигнал получен с заданной точностью и заранее заданным числом разрядов в представлении результатов.

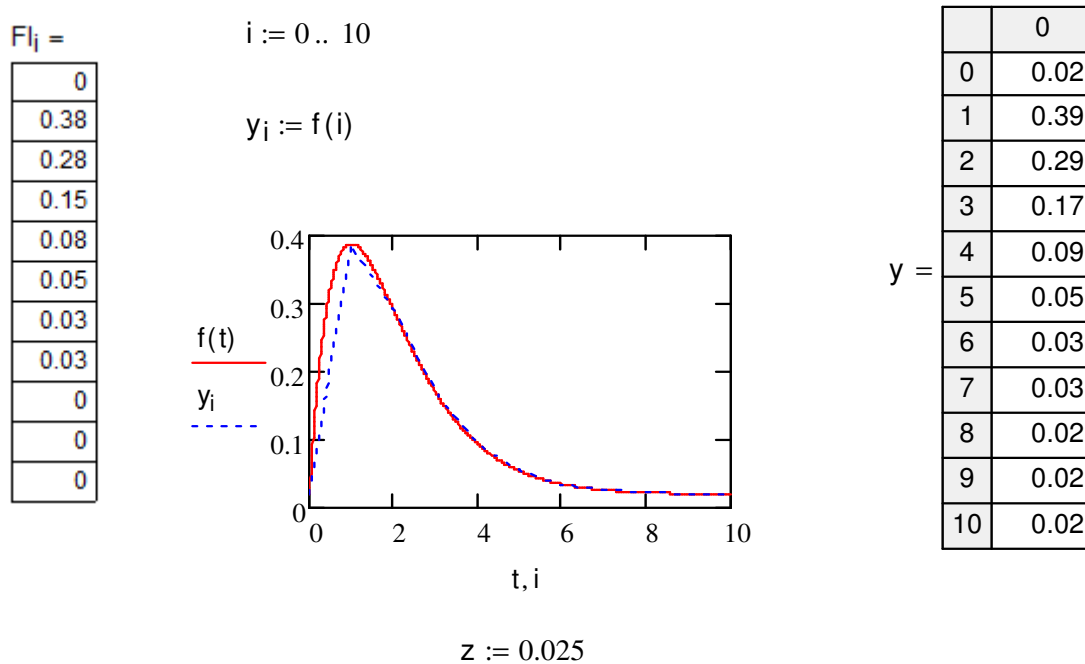


Рис.1. График и таблица дискретизация динамического процесса в индексированных точках

Результаты представлены с приемлемой точностью (3 десятичных разряда), поэтому нужно ввести дополнительно модель квантования. Она основана, например, на процессе расчета квантованного по амплитуде числа Fl_i с шагом квантования z , причем отбрасываемый остаток представляет собой ошибку квантования.

$$Fl_i := y_i - \text{mod}(y_i, z)$$

Операция включает в себя $\text{mod}(*,*)$ с аргументами, где y_i - значение аналогового сигнала (на всех рисунках указан кружком), z - шаг квантования вдоль оси Y .

Операция $\text{mod}(*,*)$ возвращает остаток от деления одного аргумента на другой. Аргументы должны быть реальными. Результаты на рис.2 показаны в виде квадратных \blacksquare «плашек».

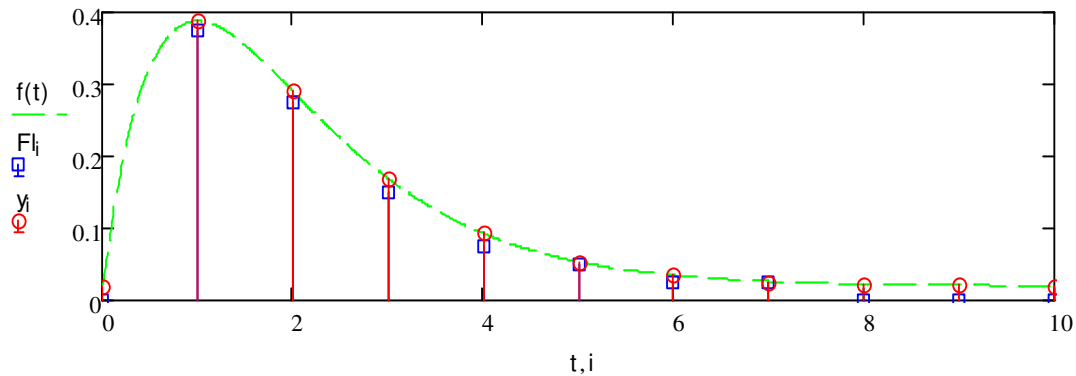
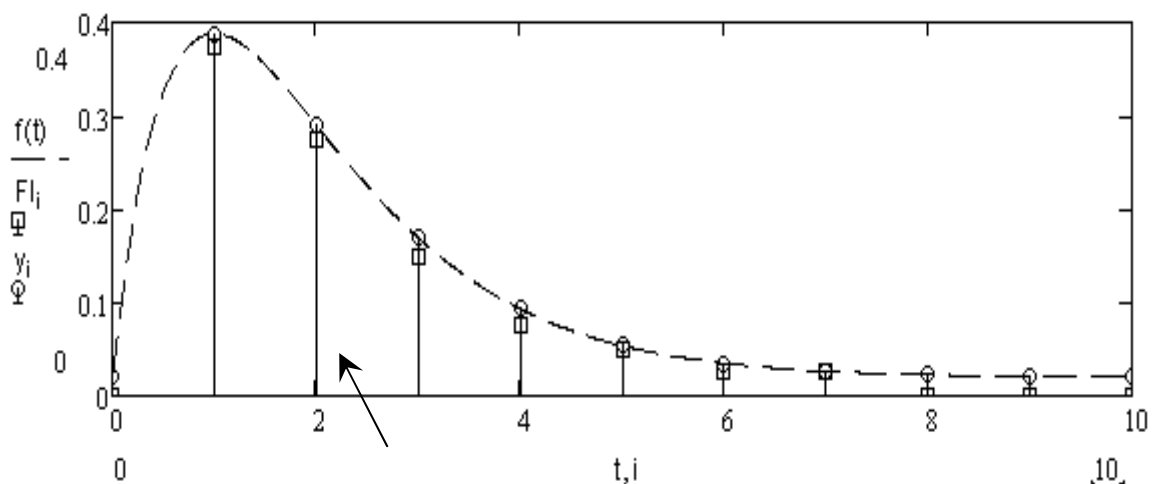


Рис.2. График квантования динамического процесса в индексиремых точках

На рис.2 изображается красным кружком "o" - аналоговое значение амплитуды сигнала y_i , а прямоугольниками \blacksquare - результаты модельного квантования по амплитуде.

Следующая часть расчетов основана на использовании функций Котельникова $\frac{\sin(t)}{t}$ для $\forall \text{ sinc}(t) := \text{if}(t = 0, 1, \frac{\sin(t)}{t})$, на индексиремых интервалах модели:



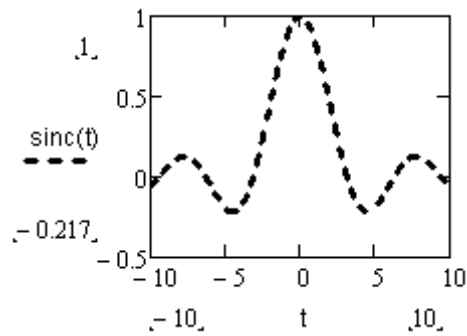


Рис.3. Сравнительное положение функции sinc(..)

Форма функции представлена на рисунке с привязкой к индексруемой точке, с последующей нормировкой в этой точке к уровню 0.38

$$h := 0.025 \quad Fl_i := y_i - \text{mod}(y_i, h)$$

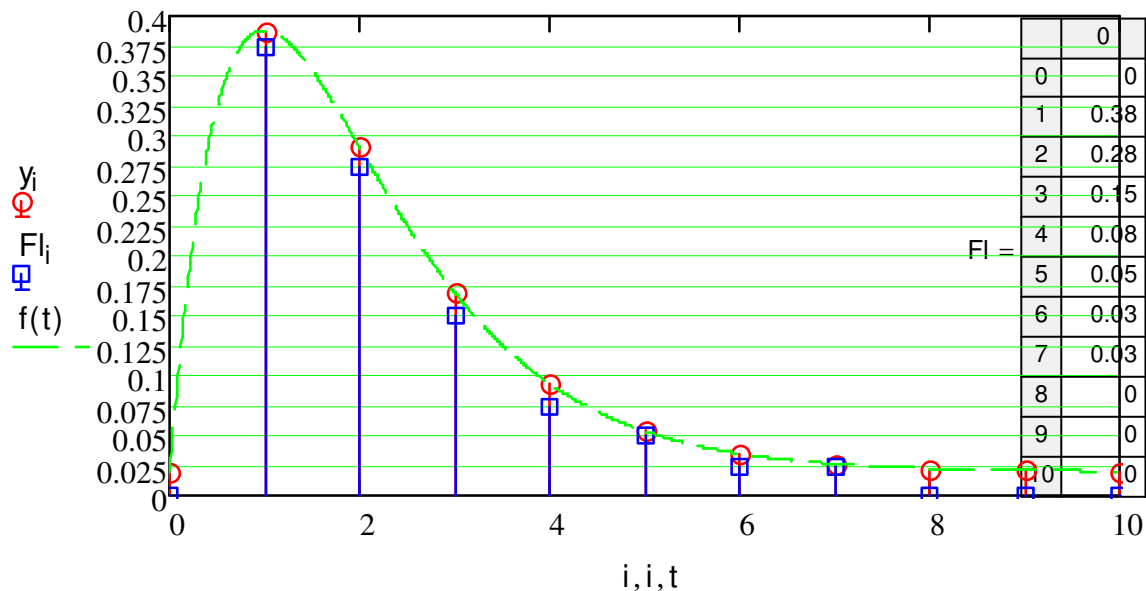


Рис.4. Оцифровка слева квантованных значений амплитуды

Анализ искажения информации при идеальном АЦП преобразовании.

$$i := 1 .. 10$$

$$t := 0, 0.1 .. 10$$

$$\text{sinc}(t) := \text{if} \left(t = 0, 1, \frac{\sin(t)}{t} \right)$$

$$f1(t) := \sum_i [y_i \cdot \text{sinc}[\pi \cdot (t - i)]]$$

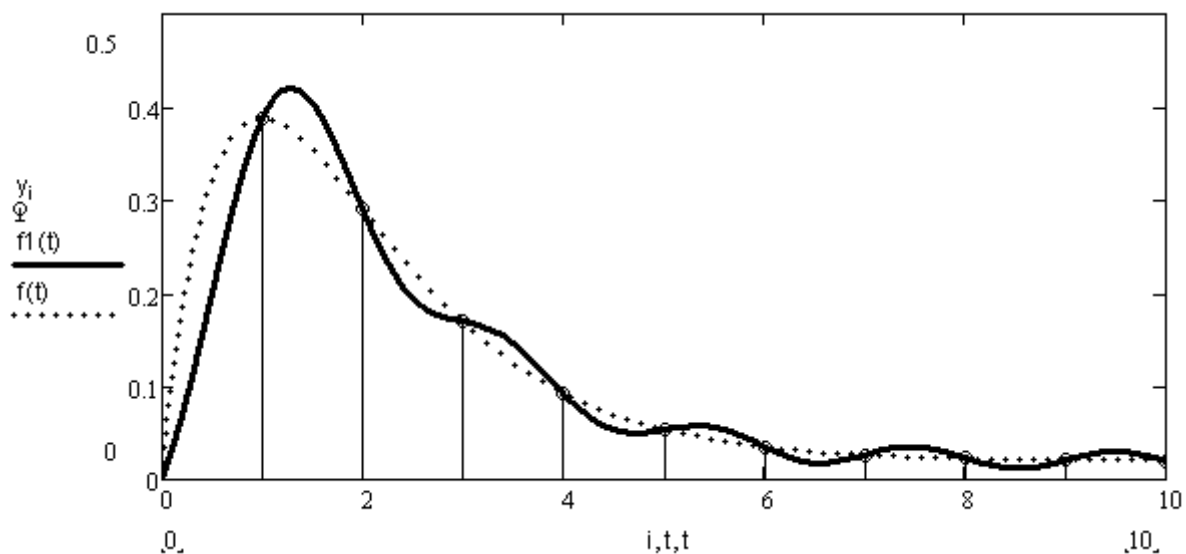


Рис. 5. Сравнительная оценка искажения информации при идеальном АЦП преобразовании

Анализ стратегий квантования

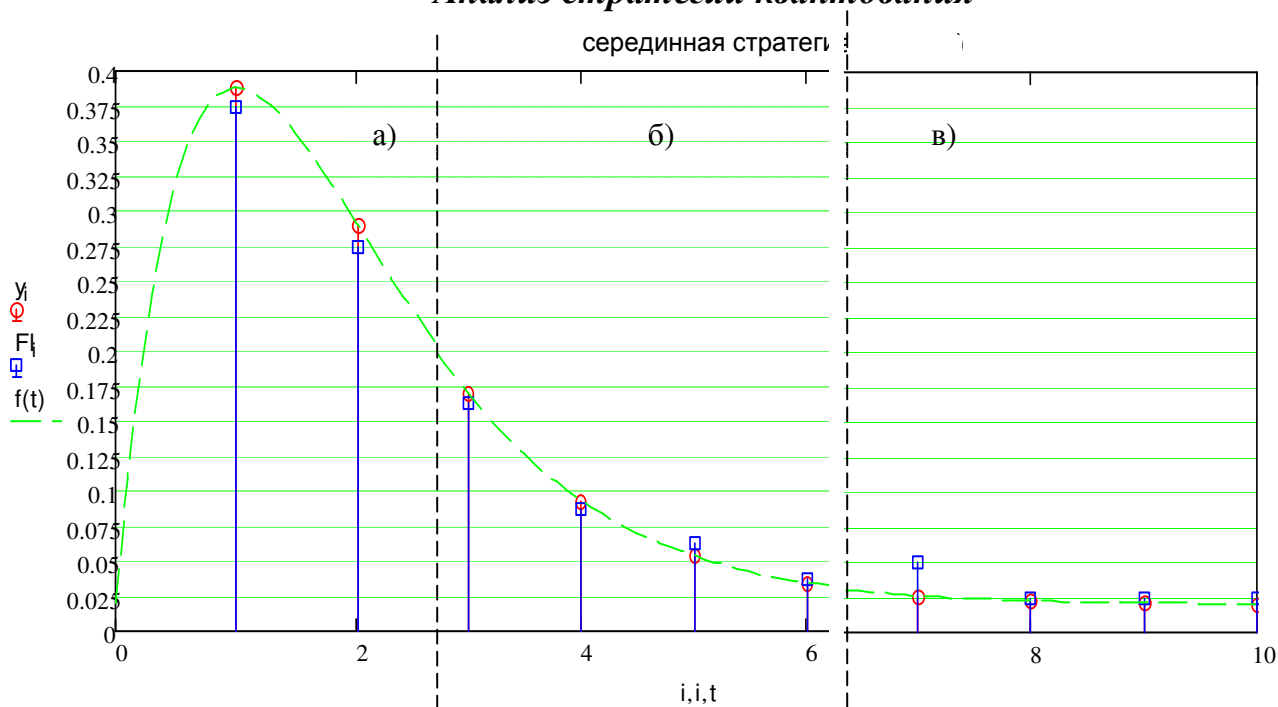


Рис. 6. Визуализация трех стратегий: а) всегда «вниз», б) срединная, в) «вверх»

Заклучение. Моделирующие среды визуального программирования Vissim, Scilab, Matlab и другие позволяют увидеть графики ошибок этих стратегий и понять, что предпочтение получает «срединная» стратегия.

В пакетах компьютерной алгебры, например, Mathcad легко получается аналитическая зависимость среднеквадратичного отклонения от шага квантования.

На практике требуется анализ реальных статических характеристик преобразования АЦП (электронный ресурс: adcs.pdf). По причинам неидеальных и нелинейных преобразований квантователя, аппаратных погрешностей процесса дискретизации (в форме отклонений от средних точек ступенек квантователя).

Элементы схем АЦП неидеальны. Это приводит к различию графика характеристики АЦП от «идеального» преобразования, к неравномерной дискретности по времени амплитуде.

А.М. Заяц, кандидат технических наук, профессор
Л.Г. Пушкарева, студентка 4 курса
Л.А Яловка, студентка 3 курса

ИНФОРМАЦИОННО – СПРАВОЧНОЕ WEB – ПРИЛОЖЕНИЕ В ИНФРАСТРУКТУРЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКОВ

Интенсивное лесопользование в лесодоступных районах страны, частые лесные пожары и ветровалы привели к истощению лесов, снижению их качественного состава и продуктивности. Поэтому задача своевременного и высококачественного лесовосстановления является одной из главных в воспроизводстве лесов. В решении этой задачи значительно возрастает значение искусственного лесовосстановления где лесные питомники (ЛП) играют одну из важнейших ролей.

Снижение объемов лесовосстановления (прежде всего искусственного) и особенно, его качества несут реальную угрозу продукционному потенциалу лесов будущего, восстановлению экологической обстановки в регионах с интенсивными лесозаготовками прошлых лет [1].

В Лесном Кодексе РФ нет понятия «лесной питомник», однако в ближайшее время лесные питомники должны обрести официальный статус, соответствующие поправки будут внесены в Лесной кодекс.

Развитие питомников является важнейшей деятельностью с природоохранной точки зрения, однако в маркетинге этого вида деятельности наблюдается информационная пустота: нет информации ни о

количестве, ни о качестве работы питомников, а также о положении на рынке предлагаемых продуктов и услуг. Отсутствует информация о применении передовых технологий относящихся как к предметной области – лесоразведению, так и использованию современных информационных технологий в проектировании и деятельности лесных питомников [2].

Организация новых питомников, их проектирование и дальнейшая работа предполагает решение большого количества задач на каждом из этих этапов жизненного цикла ЛП.

Современные требования, предъявляемые к лесным питомникам, предполагают не только использование передовых технологий их проектирования и в дальнейшем лесоразведения, но и применение информационных технологий и систем на каждом из этапов.

Вторая часть приведенных требований фактически сводится к разработке и эффективному использованию ИТ – инфраструктуры лесных питомников.

Под ИТ-инфраструктурой проектирования лесных питомников будем понимать совокупность имеющихся и внедряемых в структуру ЛП - информационных систем и сетей, ИТ - сервисов, технических и программных средств, баз данных и автоматизированных процессов, используемых для их организации и разработки.

Важными компонентами в этой совокупности являются программные средства, обеспечивающие реализацию процедур проектирования лесных питомников. Ошибки, связанные с выбором места под питомник, ассортимента пород, технологий выращивания посадочного материала в дальнейшем оказывают свое влияние на его качество и себестоимость.

Организация и проектирование питомников является одним из первых этапов в цикле выращивания посадочного материала и создания лесных культур. Это сложный и многоступенчатый процесс. Проектирование ЛП связано с большим количеством разнообразных задач, как вычислительного, так и экспертно - логического характера, эффективное их решение предполагает использование современных информационных и экспертно – аналитических технологий.

Анализ показывает, современные программные средства ИТ - технологий, обеспечивающие процесс проектирования ЛП обычно реализуются в клиент – серверной Web среде.

Для реализации предлагаемого Web – приложения были выбраны компоненты [3]:

1. HTML - язык, используемый для создания структуры документов, форм ввода и таблиц.

2. Каскадные таблицы стилей **CSS** необходимые для изменения внешнего вида элементов меню при наведении на них указателя мыши.

3. **JavaScript** –код (совместно с библиотекой **jQuery**), необходимый для создания приложения и обеспечивающий взаимодействие с сервером.

4. **DHTML**, используемый для динамического обновления форм и содержимого страниц.

5. **DOM** (Document Object Model — «объектная модель документа») — это не зависящий от платформы и языка программный интерфейс, позволяющий программам и скриптам получить доступ к содержимому HTML, XHTML и XML-документов, а также изменять содержимое, структуру и оформление таких документов.

6. **AJAX** – обеспечивающий формирование асинхронных запросов, а также динамическое обновление контента. AJAX позволяет обновлять страницы не целиком, а частично, что существенно снижает нагрузку на сервер.

7. **MySQL** - свободно распространяемая система управления реляционными базами данных.

8. **PHP**, осуществляющий подключение к MySQL и выборку данных из БД. Это не только серверная технология, но и язык написания сценариев.

Разрабатываемое приложение имеет дружелюбный и интуитивно понятный интерфейс. Макет главной страницы приведён на рис. 1.

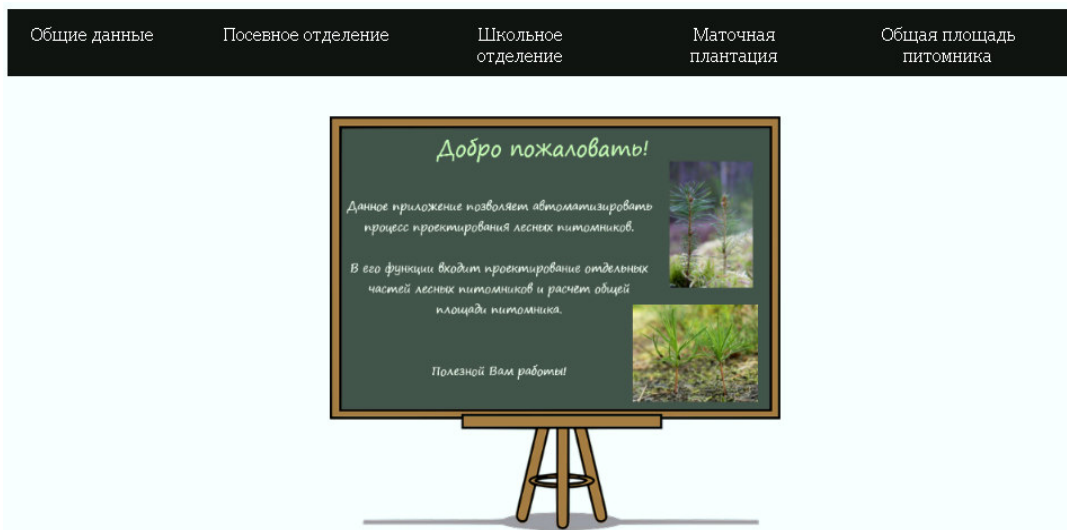


Рис. 1. Макет главной страницы приложения

Для удобной навигации по главным разделам приложения разработано главное меню, представляющее собой выпадающий список, реализующий функции навигации (см. рис. 2).

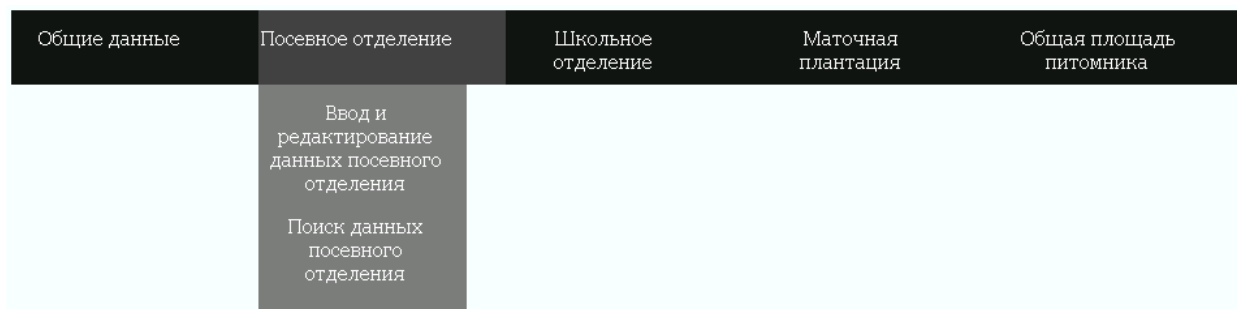


Рис. 2. Главное меню приложения

Для создания главного меню использовался язык гипертекстовой разметки HTML, код JavaScript и каскадные таблицы стилей CSS.

Каждый элемент выпадающего списка является ссылкой на соответствующий раздел приложения.

Физически, выпадающее меню – это набор ссылок на файлы, которые предоставляют пользователям функциональные возможности при проектировании лесных питомников.

С помощью HTML организована списковая структура главного меню.

Средствами CSS были созданы параметры отображения главного меню. То есть, с помощью CSS обычный статический список преобразовался в динамический.

Код JavaScript был использован для написания функции, которая обеспечивает правильное отображение выпадающего меню во всех браузерах.

Web-приложение предоставляет пользователям реализацию следующих функции:

1. Ввод информации о лесничестве (см. рис. 3).

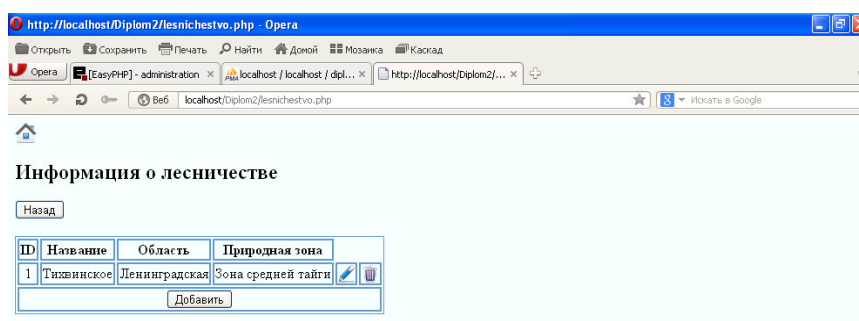


Рис. 3. «Информация о лесничестве»

Данный раздел позволяет просматривать, добавлять и редактировать информацию о лесничествах, где может быть заложен питомник.

2. **Ввод и редактирование данных посевного отделения** (см. рис 4).

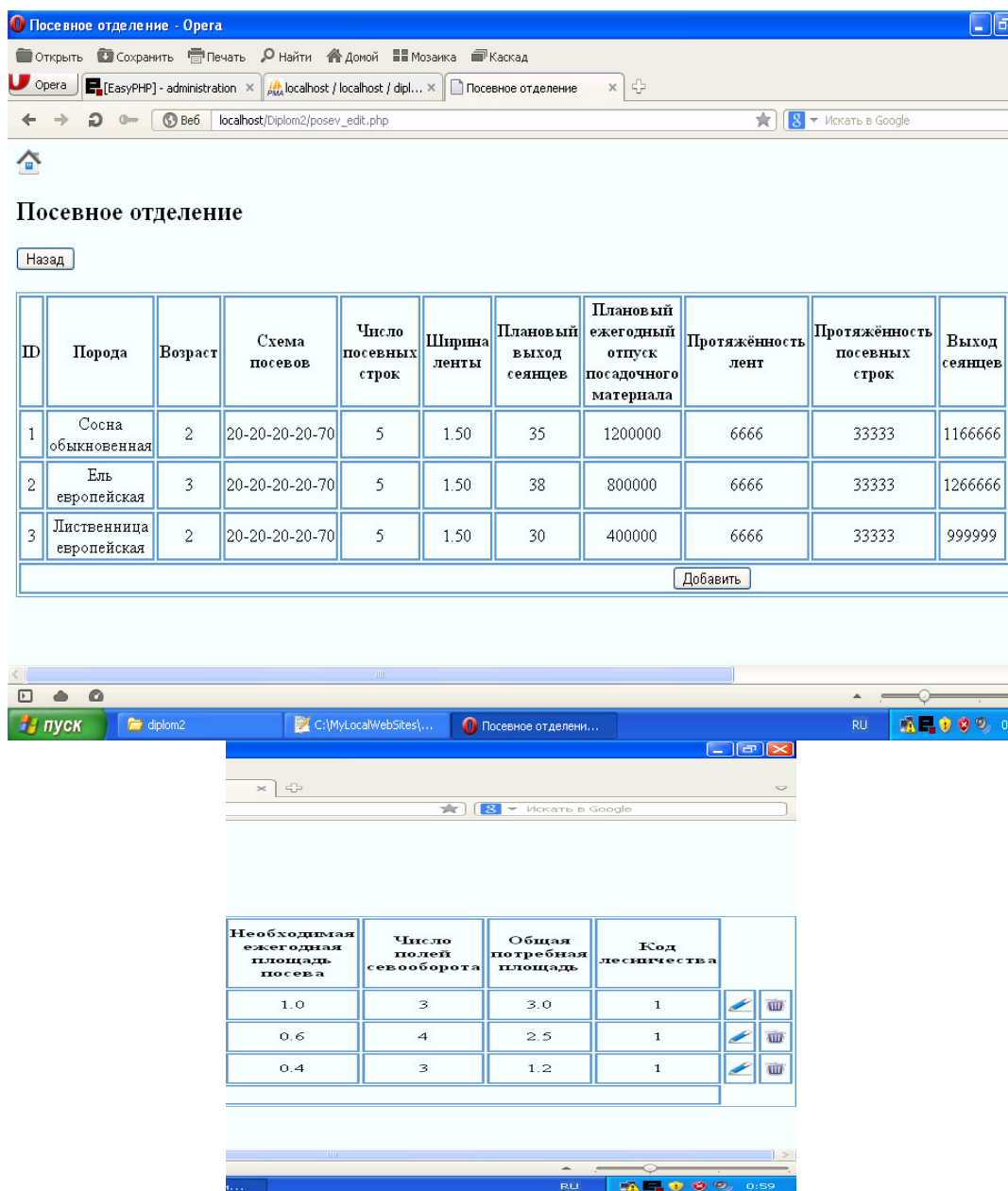
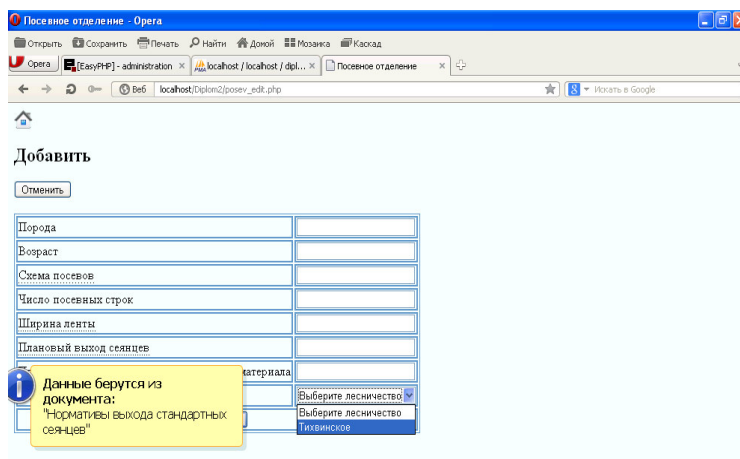


Рис. 4. Ввод и редактирование данных посевного отделения

Так как школьное отделение и маточная плантация организованы аналогично посевному отделению, приведен пример только для посевного.

Данный раздел позволяет просматривать и редактировать данные посевного отделения.

Форма для добавления данных представлена на рис. 5.



Посевное отделение - Орега

Добавить

Отменить

Порода	
Возраст	
Схема посевов	
Число посевных строк	
Ширина ленты	
Планируемый выход семян	
Материал	

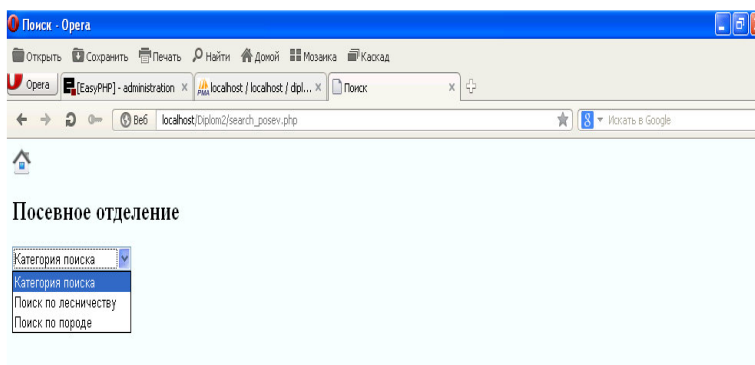
Данные берутся из документа: Нормативы Выхода стандартных семян

Выберите лесничество
Выберите лесничество
Тихвинское

Рис. 5. Форма ввода данных посевного отделения

Форма снабжена необходимыми подсказками для пользователя.

3. **Поиск данных посевного отделения** (см. рис. 6). Так как поиск по данным школьного отделения и маточной плантации организован аналогично посевному отделению, приведём пример только для посевного отделения.



Поиск - Орега

Посевное отделение

Категория поиска

- Категория поиска
- Поиск по лесничеству
- Поиск по породе

Рис. 6. Форма поиска данных посевного отделения

Отметим, что поиск осуществляется по двум категориям: по лесничеству и по породе.

Форма поиска по лесничеству представлена на рис. 7.

Поиск по лесничеству

Тихвинское

Порода	Возраст	Схема посевов	Число посевных строк	Ширина ленты	Плановый выход сеянцев	Плановый ежегодный отпуск посадочного материала	Протяжённость лент	Протяжённость посевных строк	Выход сеянцев	Необходимая ежегодная площадь посева
Сосна обыкновенная	2	20-20-20-20-70	5	1.50	35	1200000	6666	33333	1166666	1.0
Ель европейская	3	20-20-20-20-70	5	1.50	38	800000	6666	33333	1266666	0.6
Лиственница европейская	2	20-20-20-20-70	5	1.50	30	400000	6666	33333	999999	0.4

Рис. 7. Форма поиска по лесничеству

Форма поиска по породе представлена на рис. 8.

Поиск по породе

Ель европейская

Порода	Возраст	Схема посевов	Число посевных строк	Ширина ленты	Плановый выход сеянцев	Плановый ежегодный отпуск посадочного материала	Протяжённость лент	Протяжённость посевных строк	Выход сеянцев	Необходимая ежегодная площадь посева
Ель европейская	3	20-20-20-20-70	5	1.50	38	800000	6666	33333	1266666	0.6

Рис. 8. Форма поиска по породе

Сначала пользователь вводит название интересующей его породы. С помощью системы прямого поиска выбирает одно из имеющихся в базе данных наименований. После чего получает полноценную информацию о данной породе [4].

4. **Расчёт общей площади питомника** (рис. 9). Данный раздел включает результаты расчётов предыдущих разделов и делится на две части для удобства пользователей.

Первая часть – расчёт продуцирующей площади питомника.

Вторая часть – расчёт вспомогательной площади питомника.

Результаты расчётов обеих частей сводятся в таблицу *Общая площадь питомника*.

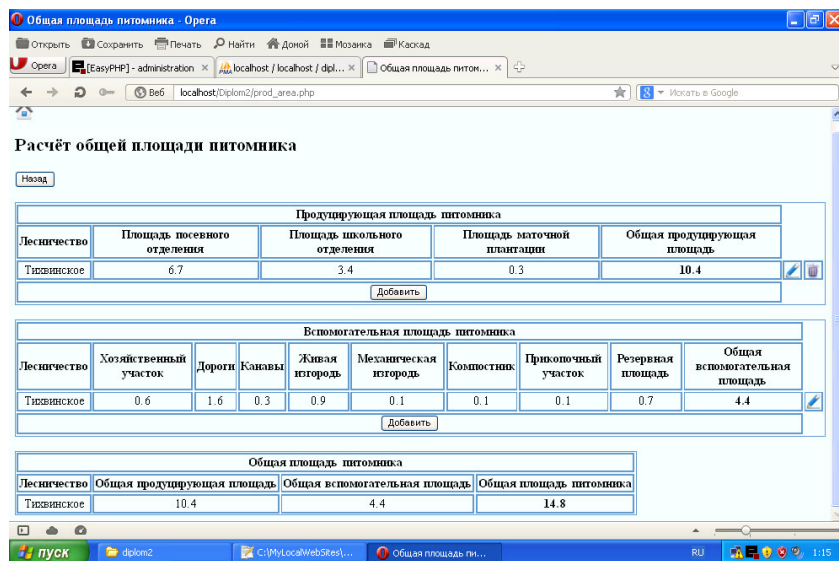


Рис. 9. Расчет общей площади питомника

Разработанное Web-приложение хорошо масштабируется, то есть его функциональные возможности могут быть расширены в зависимости от потребностей пользователей в процессе эксплуатации.

Приложение позволяет обеспечить актуальной информацией для выполнения математических и аналитических операций в процессе организации и проектирования лесных питомников. Применение данного приложения способно облегчить процесс разработки лесных питомников за счёт автоматизации процессов ввода, анализа, обработки, хранения и вывода информации, сократить сроки проектирования ЛП и повысить качество посадочного материала.

Библиографический список

1. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие лесного хозяйства» на 2013 — 2020 годы. Распоряжение Правительства России от 28 декабря 2012 года № 2593-Р.
2. <http://cyberleninka.ru/article/n/rol-informatsionnyh-tehnologiy-v-marketinge-pitomnikovyh-rasteniy/> Ястребинская Г.А. Роль информационных технологий в маркетинге питомниковых растений.
3. Создаем веб-сайты с помощью PHP, MySQL и JS / Р. Никсон / Изд-во O'Reilly / 2011 г.
4. Web-приложение «Букинист». Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, авторы Заяц А.М., Пушкарева Л.Г. № 2015610830. Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ: 20 января 2015 г.

А.М.Заяц, кандидат технических наук, профессор
А.А.Логачёв, аспирант
З.Н.Андреева, студент 4 курса

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕР ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ НЕПОЛНОЙ ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Лесной пожар — процесс стихийного и неуправляемого распространения огня по территориям лесных массивов, в результате которого наносится огромный экологический ущерб окружающей экосистеме, биосфере Земли, её атмосфере, гидросфере и литосфере. Помимо этого, экономический ущерб, вызываемый лесными пожарами, в одной только России исчисляется миллиардами рублей в год. Лесные пожары могут привести и к гибели людей, а в случаях, когда огонь подходит к деревням и городам, последствия могут быть катастрофическими. Кроме того, задымление от пожара негативно влияет на здоровье людей, вызывает многие осложнения и болезни. Для Российской Федерации, территория которой покрыта лесным фондом более чем на половину, проблема лесных пожаров имеет особое значение. Ежегодно площадь лесов, охватываемых пожарами, достигает значения приблизительно от 2 до 5 млн. гектаров лесной площади. Проблема лесных пожаров также усугубляется тем, что лишь в 9-10% случаев они случаются по естественным причинам грозовых разрядов, а в остальных же случаях они связаны с человеческой деятельностью.

Борьба с лесными пожарами является комплексной задачей, состоящей из нескольких этапов: проведение профилактических мер, мониторинг лесов и непосредственное тушение возгораний. Целью тушения лесного пожара состоит разведка кромки пожара, локализация и ликвидация пожара с последующим окарауливанием участка. Задачей мониторинга является наблюдение за лесными массивами с наблюдательных вышек, камер, авиационных и спутниковых средств с целью оперативного обнаружения возгорания, а также для контролирования распространения огня в процессе его тушения. Под профилактическими мерами подразумевается комплекс мер, направленных на предупреждение возникновения возгораний в лесах, снижение скорости распространения огня, а также на повышение эффективности прочих противопожарных мер, мониторинга и тушения. Это может быть рытье противопожарных рвов, разрывов и минерализованных полос, проведение

рубков ухода и очистка мест предыдущих вырубков. Также это может быть строительство дорог, наблюдательных вышек, противопожарных сооружений, противопожарная агитация населения и запрет посещения лесов.

Несмотря на то, что многолетний опыт борьбы с лесными пожарами в России и за рубежом показал высокую эффективность профилактических мер, выделяемые на них средства всё равно остаются существенно меньше, чем на мониторинг и тушение огня. Это связано с тем, что простое проведение существующих превентивных мер во всех лесных участках порой крайне избыточно и неэффективно в связи с сопутствующими значительными финансовыми затратами. Эффективность и целесообразность профилактических мер может существенно варьироваться в зависимости от климатических и географических характеристик области, от близости к автомобильным и железным дорогам, к населенным пунктам, складам и заводам. По этой причине встает вопрос выбора, где и какие профилактические меры следует проводить, для решения которого необходима разработка математических методов прогнозирования возникновения пожара.

Ввиду воздействия множества условий распределение лесных пожаров весьма неравномерно. Факторы, которые влияют на возникновение и распространение пожара в лесу, можно разделить следующие группы:

- лесорастительные (постоянные);
- метеорологические (переменные);
- дополнительные (грозовая активность и антропогенная нагрузка).

Воздействие данных условий в результате определяет уровень лесной пожароопасности. С точки зрения моделирования, лесная пожарная опасность определяется как функция от постоянных и переменных факторов, влияющих на возникновение и распространение пожара. В таком случае оценка пожарной опасности характеризуется, как оценка влияния существующих или ожидаемых значений факторов пожарной опасности, принимающих вид одного или нескольких числовых индексов, являющихся критериями необходимости защиты территории от пожара. Оценка лесной пожароопасности – важная составляющая прогноза возникновения и распространения пожара, которая позволяет предсказать возникновение нового очага возгорания за неделю, месяц или за год до возгорания. Поэтому актуальная и достоверная информация по лесной пожарной опасности является основой при составлении плана тушения, для проведения противопожарных мероприятий, а также помогает минимизировать число жертв и урон от огня. В итоге успешность деятельности лесопожарной охраны существенно зависит от точности

оценки пожарной опасности. Разработкой и определением критериев, отражающих пожарную опасность, наука занимается на протяжении практически всего 20 века. Однако создать показатель, полностью соответствующий фактически возникающим пожарам, не удастся. Связано это с многообразием условий, влияющих на возникновение пожаров, сочетаний различных факторов, определяющих поведение пожара, недостатком данных о различных природных параметрах, а также с недостаточной изученностью физико-химических процессов, происходящих во время пожара.

Выделяют три типа моделей оценки лесной пожароопасности: вероятностная, детерминированно-вероятностная и детерминированная. Вероятностная модель основывается на статистических данных, описывающих характеристики случившихся лесных пожаров. Подобные модели, как правило, действительны в пределах района, населенного пункта или области, на основе статистических данных которой была построена модель. Детерминированно-вероятностные модели базируются как на статистических данных, так и на физико-химических законах горения. Детерминированные модели предполагают использование физико-химических законов, определяющих возникновение и распространение лесного пожара. Однако, к настоящему времени эти законы изучены недостаточно для моделирования всех факторов лесопожарной опасности. Различают два вида оценок лесной пожарной опасности: краткосрочную и долгосрочную. Краткосрочная оценка основывается на динамических факторах и описывает возникновение и распространение пожара. Эти факторы, как правило, связаны с влагосодержанием лесного горючего материала (далее ЛГМ) и метеорологическими показателями. Краткосрочная оценка пожарной опасности требует регулярное обновление таких данных, как влагосодержание топлива, температура и относительная влажность воздуха, сила и скорость ветра, а также количество осадков. Данная оценка применяется при организации деятельности по предупреждению, обнаружению и тушению лесных пожаров. Долгосрочная оценка характеризует лесную пожарную опасность, которая не меняется во времени или скоростью изменения которой можно пренебречь. Данная пожароопасность характеризуется факторами, являющимися статичными на протяжении, по крайней мере, пожароопасного сезона, например, тип топлива, топография местности или климатические условия.

Множество статистических методов до получения определённого набора входных данных используют обобщённую вероятностную оценку исследуемого события, тогда как по мере получения данных происходит

пересмотр оценок, учитывающий новую информацию. Одним из способов такого пересмотра вероятностной модели является байесовский подход.

Основой байесовского подхода является теорема Байеса. Предположим, необходимо дать оценку некоторой случайной величине θ при наличии статистических наблюдений y . Согласно формуле Байеса, получим,

$$P(\theta_i | y_1, y_2, \dots, y_n) = \frac{P(y_1, \dots, y_n | \theta_i) P(\theta_i)}{\sum_j P(y_1, \dots, y_n | \theta_j) P(\theta_j)}$$

где:

$P(\theta_i | y_1, y_2, \dots, y_n)$ – вероятность θ_i события при наличии y_1, \dots, y_n наблюдений, $P(y_1, \dots, y_n | \theta_i)$ – вероятность наблюдений y_1, \dots, y_n , $P(\theta_i)$ – априорная вероятность оцениваемого события θ_i , то есть вероятность события до получения информации о наблюдениях.

Например, на основе статистики по лесным пожарам за некоторый период, получена вероятность возгорания $P(\theta_f) = 37\%$. Кроме того, имеется ряд наблюдений, связанный с характеристиками леса, влияющими на лесные пожары. Это может быть, например, преобладающая порода древесины. Известно, что пожарам сильнее подвергнуты хвойные леса. На основе статистики по исследуемому участку известно, что хвойные породы были преобладающими в 15 из 25 участков, подвергнувшихся лесным пожарам. Поэтому для наблюдения $y_{xв}$, определяющего, что в рассматриваемом насаждении преобладают хвойные деревья вероятность $P(y_{xв} | \theta_f) = 15/25 = 60\%$. Аналогичным образом рассчитываются вероятности других наблюдений. Пример исходных данных представлен в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

Исходные данные для расчёта

Гипотезы	Пожароопасный участок	Не пожароопасный участок
Априорная вероятность	37%	63%
Наблюдение 1	60%	45%
Наблюдение 2	73%	49%
Наблюдение 3	61%	14%
Наблюдение 4	28%	77%

Таким образом, при наличии наблюдений 1-4, апостериорная (то есть с учётом всей информации) вероятность возникновения пожара будет рассчитана, как

$$P(\theta_1|y_1, y_2, y_3, y_4) = \frac{0.37 * 0.6 * 0.73 * 0.61 * 0.28}{0.37 * 0.6 * 0.73 * 0.61 * 0.28 + 0.63 * 0.45 * 0.49 * 0.14 * 0.77} = 64.89\%$$

Весьма важным в байесовском подходе является априорное распределение. При наличии достаточного числа статистических данных даже изначально некорректное или “засорённое” априорное распределение существенно не исказит результат. Однако не всегда имеется необходимое количество статистических данных и наблюдений. Постулат Байеса-Лапласа в таких случаях говорит, что априорную вероятность $P(\theta_i)$ следует принять равномерной, то есть равной $1/\theta$, что в некоторых случаях может быть ошибочно и приводить к ложным результатам. Поэтому используется подход, заключающийся в определении не одного априорного распределения, а целого класса распределений, определяемого нижней и верхней границей вероятности события. Минимум и максимум данного класса распределений вычисляются по некоторым параметрам. К наиболее известным таким классам априорных распределений относят обобщённую модель Дирихле. При распределении Дирихле нижняя и верхняя границы априорной вероятности рассчитываются, как

$$\underline{P}(n_i) = \frac{n_i}{N + s} \quad \overline{P}(n_i) = \frac{n_i + s}{N + s}$$

где n_i – рассматриваемое события из общего числа событий N , а s – параметр сходимости нижней и верхней границы. При отсутствии статистических данных нижняя и верхняя границы примут значения 0 и 1 соответственно, то есть априорная вероятность может быть любая. Это важное свойство модели Дирихле, так как используя её, нет необходимости выбирать какое-либо определённое априорное распределение. При параметре $s = 0$ нижняя и верхняя границы сходятся, что при малом исходном статистическом материале может привести к слишком поспешным и рискованным выводам. Поэтому в качестве значения параметра s следует использовать единицу, что расширит интервал между минимальной и максимальной границами вероятности и позволит получить более осторожную оценку, а с увеличением числа наблюдений N параметр s перестает оказывать влияние на результат.

После определения пожарной опасности участка встаёт задача выбора необходимых для выполнения противопожарных мер. Пусть есть

некое множество $A=\{a_1...a_n\}$, представляющее собой совокупность вариантов выполнения противопожарных мер. Это могут быть рубки ухода, рытьё противопожарных разрывов и минерализованных полос, строительство вышек и т.д. И есть множество $\Omega=\{\omega_1... \omega_m\}$, состоящее из возможных состояний природы, например, характеризующее, что будет высокая пожарная опасность, средняя или низкая. Каждый элемент из множества A может быть неким образом оценён в зависимости от Ω , например, как совокупность всех денежных трат и возможного ущерба от пожара. Тогда на основе имеющихся данных может быть построена таблица ожидаемых полезностей U_{nm} . Для выбора оптимальных мер по снижению уровня пожарной опасности на основе имеющейся таблицы полезности был выбран критерий Уолли или критерий максимальности.

Согласно критерию Уолли, действие a_i является оптимальным если для любого r выполняется следующее неравенство

$$\min E_{\pi}(u_r - u_k) \geq 0$$

Таким образом, для каждого действия из множества A находится ряд ожидаемых полезностей

$$a_i: \{E_{\pi}(u_1 - u_2), E_{\pi}(u_1 - u_{n-1}), E_{\pi}(u_1 - u_n)\}$$

Если каждое значение данного ряда не меньше нуля, то действие определяется как оптимальное.

Например, имеется таблица полезностей, полученная на основе величин, обратных стоимости выполнения противопожарных мер и возможного ущерба. Эта информация представлена на таблице 2.

Т а б л и ц а 2

Таблица полезностей для выбора оптимальных мер по снижению пожарной опасности

$A \setminus \Omega$	ω_1 (низкий уровень пожарной опасности)	ω_2 (средний уровень пожарной опасности)	ω_3 (высокий уровень пожарной опасности)
a_1	0,30	0,59	2,96
a_2	0,37	0,15	1,48
a_n	2,96	0,25	0,20

Также известно, что в рассматриваемом участке низкий уровень пожарной опасности наблюдался 23 сутки, средний уровень 38 суток и высокий 13 суток. Тогда векторы ожидаемых полезностей примут следующий вид:

$$\begin{aligned}a_1 &\rightarrow \{0,48;-0,13\}, \\ a_2 &\rightarrow \{-0,46;-0,61\}, \\ a_3 &\rightarrow \{0,2;0,66\}.\end{aligned}$$

Из полученных значений критерию Уолли удовлетворяет только a_3 , поэтому третья мера является оптимальной для снижения уровня лесной пожарной опасности.

А.М. Заяц, кандидат технических наук, профессор
А.А. Логачёв, аспирант
З.Н. Андреева, студентка 4 курса
Д.М. Моисеев, студент 2 курса

ОПЕРАТИВНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОГО УЩЕРБА НАНЕСЕННОГО ЛЕСНЫМ ПОЖАРОМ

Интерполяционная модель расчета последствий пожаров, представленная в [1,2], была ориентирована на оценку рисков при различных погодных условиях и проведённых мерах противопожарной безопасности.

Дальнейшим развитием модели является разработка приложения, по расчету потерь объёмов древесины, как уже в прошедших лесных пожарах, так и в прогнозируемых, а также выдачу комментариев по успешности проведенных профилактических мероприятий.

Для разработки приложения была использована среда ESTA компания Prolog Development Center. Её работа основана на описании и анализе предметной области в виде базы знаний, которая представляется в текстовой форме [3].

Для получения результатов необходимо иметь следующие данные:

1. Запас древесины в лесничестве V .
2. Проценты выполненных противопожарных мер и работ.
3. Класс природной пожарной опасности (от 1 до 5).

Первая вводимая величина является запасом древесины в лесничестве. Вторая величина оценка выполненных противопожарных мер в процентах по следующим направлениям:

- Авиапатрулирование - **A**
- Наземная охрана - **Gs**
- Профилактические мероприятия в лесах **Pf** -
- Пропаганда охраны лесов среди населения – **P**.

Процентное значение умножается на коэффициент значимости мероприятия.

На основе значений этих величин в программе определяется единый коэффициент противопожарных мер **G** по формуле:

$$G = (A*0.2+Gs*0.1+Pf*0.1+P*0.6)/100 \quad (1)$$

Третья величина - классы природной пожарной опасности. Анализ показывает [], что вес их может быть следующий: 1 класс: 0,1; 2 класс: 0,3; 3 класс: 0,5; 4 класс: 0,7; 5 класс: 0,9.

Далее по установленной математической зависимости [2] доли **Vf** сгоревшей древесины от класса природной пожарной опасности **K** и успешности противопожарных мер **G** программой вычисляется численное значение **Vf** по формуле 2, при полученных численных значениях коэффициентов **G** и **K**.

$$Vf = - 5.817291810 \cdot 10^{-5}g + 6.479967802 \cdot 10^{-5}k + 2.795984929 \cdot 10^{-5} \quad (2)$$

С учетом доли сгоревшей древесины и общего запаса, рассчитывается ориентировочный объём сгоревшей древесины по формуле 3.

$$W=Vf*V \quad (3)$$

На основе расчетов в программе анализируются проведённые профилактические меры при данных погодных условиях, и пользователю выдается результат их успешности.

Первое условие, которое проверяется программой, отрицательное или положительное значение имеет доля сгоревшей древесины, что дает возможность провести прогноз убытков и определить, успешны ли профилактические меры при данном классе пожарной опасности.

При условии, что **Vf < 0**, программой выдается комментарий **«Меры по обеспечению противопожарной профилактики успешны, потери древесины не ожидаются»**, значение объёма сгоревшей древесины равно 0.

При **Vf > 0**, для оценки ситуации на основе соответствия между значениями параметров и оценкой ситуации по мнению эксперта выдается

один из возможных комментариев, на основе проверки следующих условий.

1) if ($V \geq 0.00005$ and $k \geq 0.5$) advice **«Необходимо срочно увеличить количество и номенклатуру профилактических мер».**'

Данное условие означает, что если значение доли сгоревшей древесины будет превышать 0,00005 при классе пожарной опасности 3 и более, то программа выдаёт совет о срочном увеличении противопожарных мер, так как данная ситуация является угрожающе опасной, и может привести к большим потерям.

2) if ($V > 0$ and $V < 0.00002$ and $k \leq 0.3$) advice **«Ожидаются совсем небольшие потери древесины, но при данном уровне пожарной опасности потерь в принципе не должно быть, поэтому нужно увеличить меры защиты».**

При полученном значении доли сгоревшей древесины от 0 до 0,00002 при классе пожарной опасности 1 и 2, будет выдан комментарий, что в данных условиях высокоопасной угрозы нет, однако при увеличении класса пожарной опасности могут возникнуть большие проблемы, так как противопожарные меры не выполнены на должном уровне.

3) if ($V \geq 0.00002$ and $V < 0.00005$ and $k \geq 0.1$) advice **«Необходимо провести дополнительные меры противопожарной защиты».**

В данном условии указано, что если доля сгоревшей древесины будет в диапазоне от 0,00002 до 0,00005 при любом классе пожарной опасности необходимо увеличить количество профилактических мероприятий в лесах.

4) if ($V \leq 0.00002$ or $g \geq 0.9$ and $k < 0.9$ and $k \geq 0.5$) advice **«Профилактические меры успешны, но необходимо усилить меры по мониторингу леса для своевременного обнаружения возникновения пожара».**

В ситуации, когда доля сгоревшей древесины меньше или равна 0,00002, то все профилактические мероприятия были выполнены на 90%, но при коэффициенте пожарной опасности 3 и 4 программа может выдать рекомендации только о дополнительном проведении патрулирования лесов.

Работу программы продемонстрируем на примере. Пусть запас древесины в лесничестве составляет $500\,000\text{ м}^3$.

При запуске программы появляется диалоговое окно (см.рис.1) и вводится численное значение запаса.

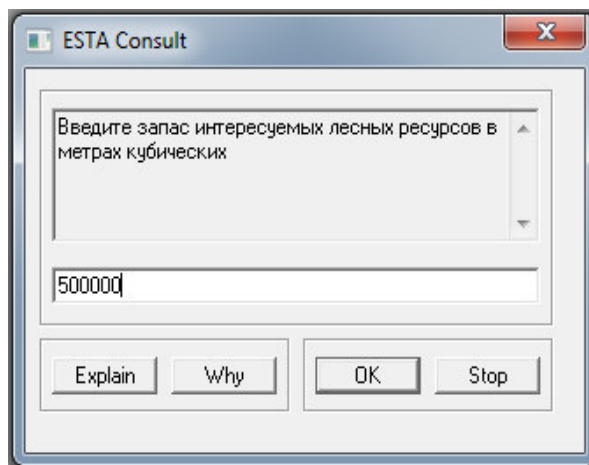


Рис.1.

В следующем окне (рис.2) вводится процентное соотношение от нормы по выполнению противопожарных авиапатрульных мер

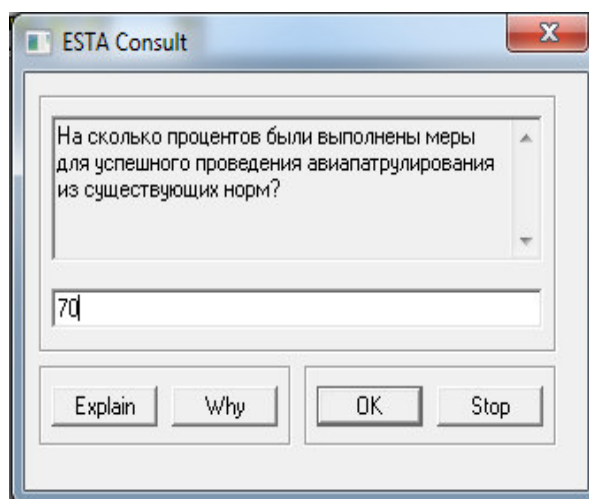


Рис.2.

В используемом примере вводим значение 70%. При этом, если нажать кнопку "Explain", то программа выдаёт занесённые в неё сведения, разъясняющие пользователю, что от него требуется ввести (см. рис 3).

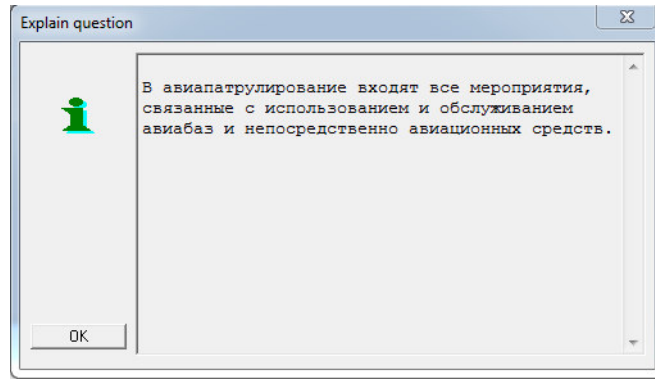


Рис. 3

Далее, также при нажатии кнопки ОК, программа просит ввести следующий параметр (рис.4)

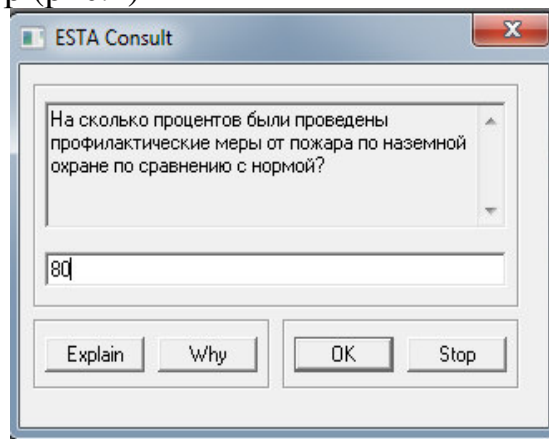


Рис.4

Здесь требуется ввести значение меры проведённой наземной охраны по сравнению с нормой в процентах. Для примера введено значение 80%. При нажатии кнопки “Explain” появится следующее окно, разъясняющее этот параметр пользователю (Рис.5)

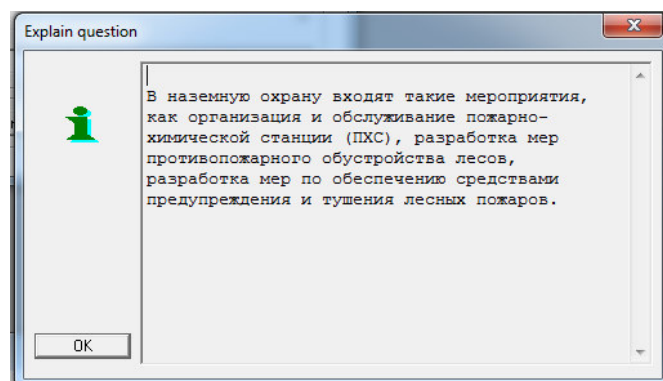


Рис.5.

Следующий параметр - профилактические меры в лесах - 80% (рис.6).

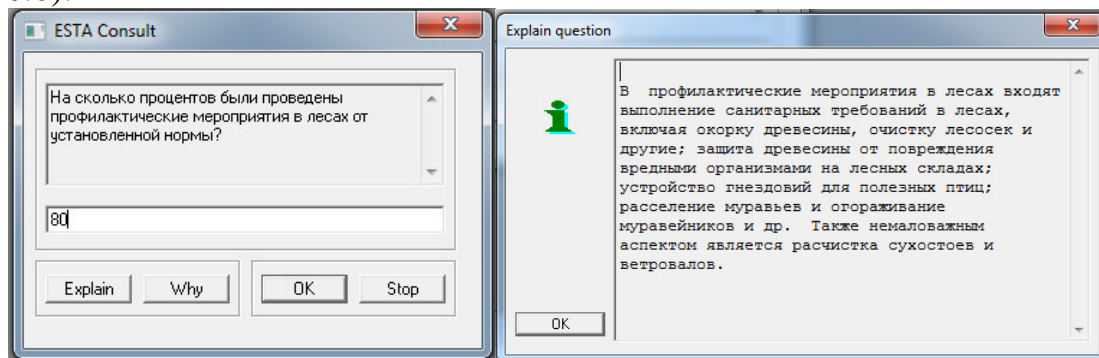


Рис.6

Следующее окно работа среди населения- 90% (рис. 7).

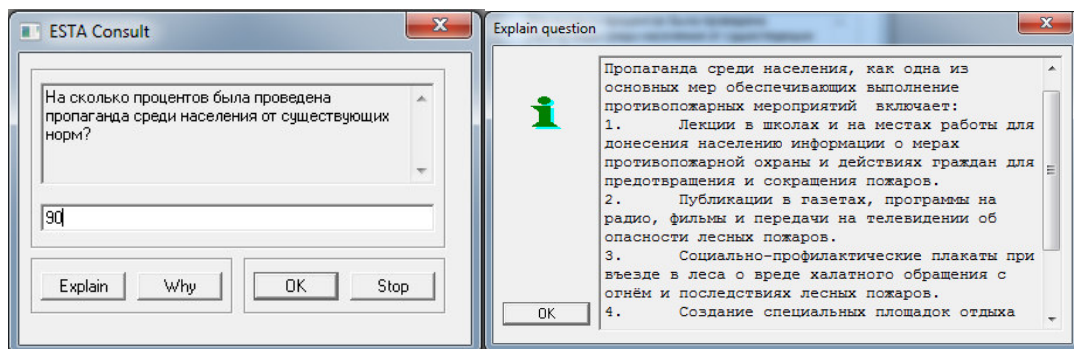


Рис.7

Далее необходимо ввести параметр, с помощью которого будет вычислен коэффициент пожарной опасности. Выберем класс пожарной опасности - 3 (рис.8).

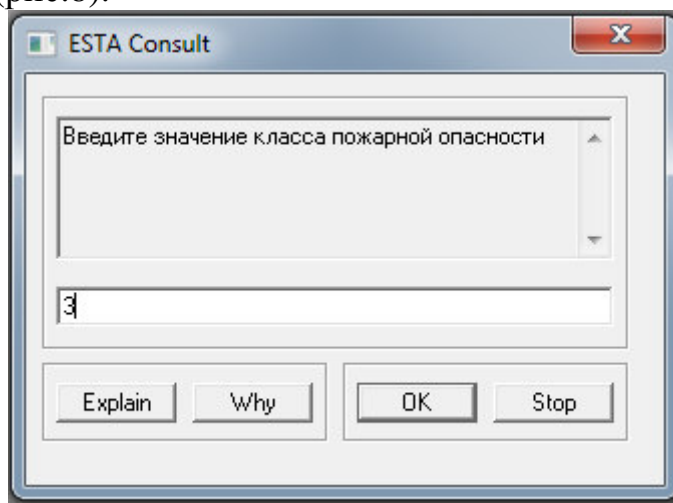


Рис. 8

После обработки данных программа выдаёт результат и рекомендациями (см.рис.9).

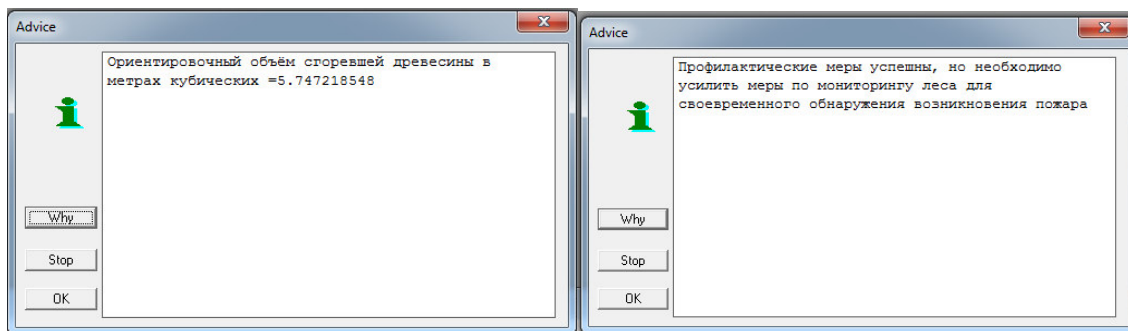


Рис.9

Интерфейс программы, хоть и на английском языке, понятен и доступен любому пользователю. На протяжении использования программы, диалоговые окна сопровождаются 4 кнопками: Explain, Why, OK и Stop. Они необходимы, в случае затруднений, объяснить пользователю, что необходимо сделать и какие значения параметров он должен ввести.

Модель и программа полезны, если необходимо в оперативные сроки определить потери последствий существующих или прошедших лесных пожаров, или когда обычные таксационные методы не могут быть применены для оценки ущерба.

Работа была отмечена грантом КНВШ Правительства Санкт-Петербурга в 2014 году.

Библиографический список

1. Половко А.М., Бутусов П.Н. Интерполяция. Методы и компьютерные технологии их реализации // СПб.: БХВ-Петербург, 2004.
2. А.М.Заяц, З.Н. Андреева Интерполяционная оценка развития древостоя с учетом ветровалов и лесных пожаров. – Сб. научн. трудов, вып. 6/ СПб.: СПбГЛТУ, 2014 г.
3. Хабаров С.П. Построение простейших экспертных систем в среде ESTa. Лабораторный практикум// Санкт-Петербург, 2013.

Н.В. Лушкин, кандидат технических наук, доцент,
М. Копейкин, магистр

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА ЛЕСНЫХ ОБЪЕКТОВ ПО ГРАФИЧЕСКИМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ

В последние годы происходит быстрый прогресс в разработке и анализе алгоритмов обработки графических данных. В то же время много проблем в этой области исследований остаются далекими от полного решения. Существует много ситуаций, в которых необходимо определить связность графических объектов. При работе с текстовыми файлами мы можем часть текста выделить и копировать в другой файл. Для графических файлов выделение необходимых областей рисунка, отличной от прямоугольной области, представляет определенную трудность. Поэтому представляет определенный интерес выделение связных объектов графического файла, когда графических объектов большое количество. Например, по картам лесных угодий определить участки леса, занятые хвойными или лиственными породами деревьев, экологический анализ, автоматическая сортировка пиломатериалов, и др.

В предлагаемой вниманию статье исследуется возможность определения качества лесных изделий, используя их графическое изображение [1].

На рис. 1,2 представлены примеры определения дефектов пиломатериалов прямоугольного вида. Слева представлены графические изображения участков пиломатериалов прямоугольного вида, справа соответствующие изображения с дефектами.

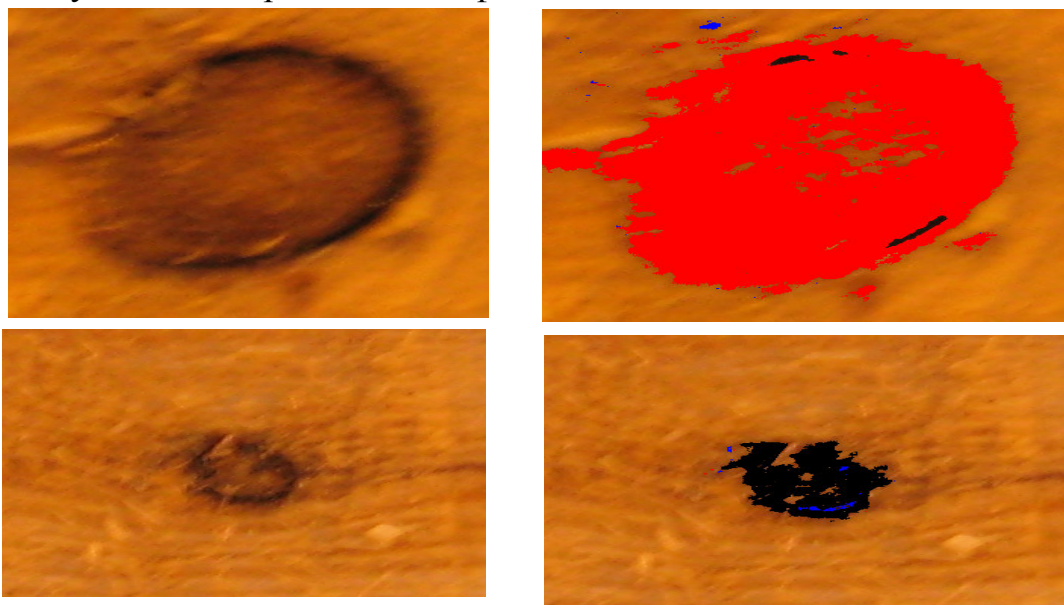


Рис. 1. Определение дефектов прямоугольных изделий

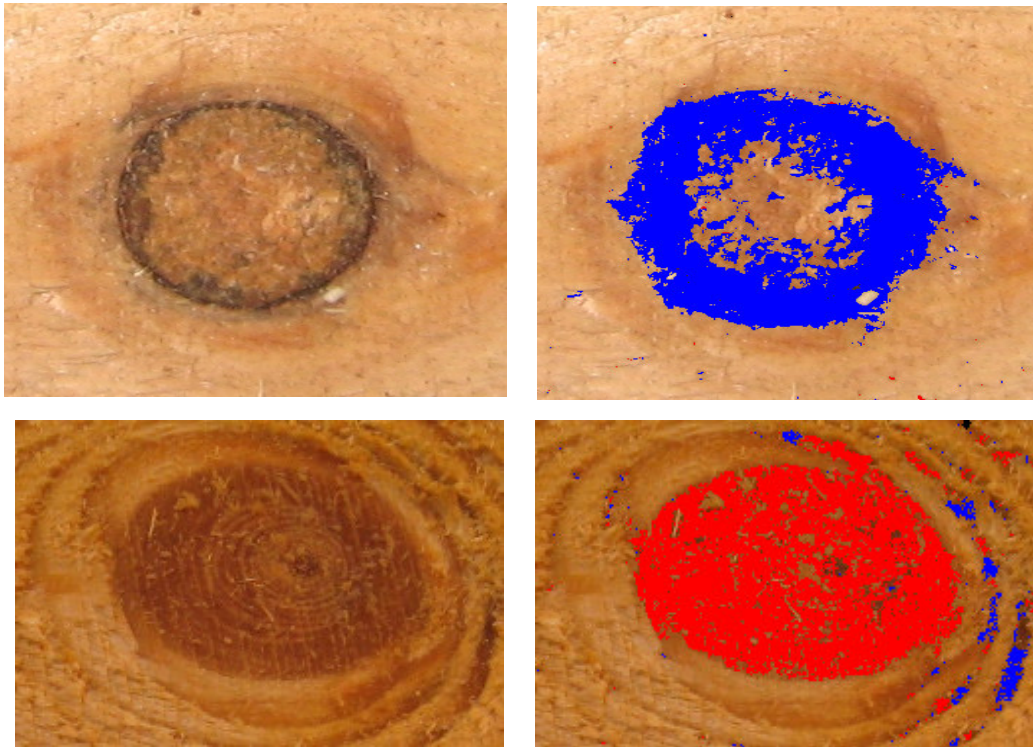


Рис. 2. Определение дефектов прямоугольных изделий

Дефекты рассматриваемых участков определяются заданным критерием и соотношением площадей выделенных участков к общей площади рассматриваемого участка.

Для определения объёма круглого леса используют таблицу исчисления объёмов круглого леса, где по заданному диаметру и длине бревна, определяется объём, при этом возникает задача оценки качества брёвен по их графическому изображению[2]. Так как торцы брёвен имеют круглую форму, будем считать, что границы изображений торцов брёвен имеют вид близкую к окружности, т.е. для определения площади торцов брёвен необходимо определить диаметр окружности графического изображения и определить внутри этой окружности дефект бревна. Изображения брёвен могут быть как изолированными, так, и объединены в группы связанных областей по несколько брёвен (рис.3). Ставится задача оценить диаметры брёвен находящихся на изображении графического файла и оценить дефекты брёвен. Предлагается следующие этапы решения поставленной задачи:

- 1) последовательно для каждого связанного объекта часть границы объекта аппроксимируем окружностью;
- 2) определяем координаты центров и диаметры полученных окружностей;
- 3) используя исходный файл с графическими объектами, уточняем полученные параметры окружностей;

- 4) удаляем из исходного файла объекты ограниченные полученными окружностями;
- 5) выполняем пункты 1-4 до тех пор, пока не переберём все объекты (брёвна);
- 6) определяем дефекты всех брёвен, полученных в результате работы предыдущих пунктов алгоритма.



Рис.3. Изображение графического объекта (брёвен).

На рис.4 представлены примеры определения дефектов брёвен полученных из изображения рис.3. Слева представлены графические

изображения брёвен, справа соответствующие изображения с выявленными дефектами.

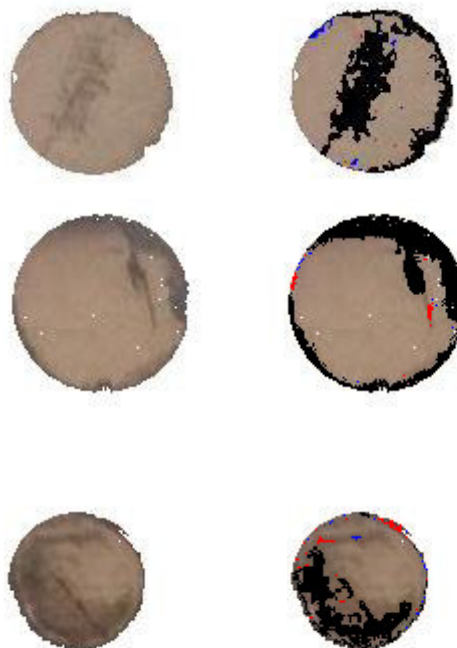


Рис.4. Определение дефектов торцов брёвен

Дефекты рассматриваемых брёвен определяются заданным критерием и соотношением площадей выделенных участков торцов брёвен к общей площади торца рассматриваемого бревна.

Заключение

Заявленный подход, при обработке графических файлов, позволяет выявить актуальные направления и обратить внимание на развитие компьютерного анализа объектов лесной отрасли.

Представленный метод позволяет создать систему оперативной обработки и оценки объёмов лесозаготовок в лесном комплексе.

Библиографический список

1. Лушкин Н.В. Алгоритм определения связности графических объектов. - Труды Санкт-Петербургской Государственной лесотехнической академии

Актуальные проблемы развития высшей школы Санкт-Петербург. 2010. Стр. 308-309.

2. Лушкин Н.В. Аппроксимация границ графических объектов окружностью и точковка леса. В сб. «Информационные системы и технологии: теория и практика» Сб. науч. Трудов. Вып.6 СПб, СПбГЛУ, 2014. с. 41-50.

И. А. Обухова, кандидат технических наук, доцент
Р. М. Яковлев, кандидат физико-механических наук,
вед.науч.сотр.

РАСЧЕТЫ ПО КОСМИЧЕСКИМ ЛУЧАМ И ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ ОПАСНОСТИ У ЗЕМЛИ И В КОСМОСЕ

В данной работе расчеты дозы облучения проводились в пакете Excel.

С давних времен человек стремился в небо, к Луне, к планетам и звездам. Воздушные шары, а затем самолеты обеспечили возможность оторваться от поверхности сначала на десятки метров, а затем – на километры (до 20 км). Но при полетах опирались эти аппараты на воздух Земли, удаляясь не далее 20-30 км (шары- зонды и реактивные самолеты). И только в 1962 г человек вышел за пределы атмосферы и на высоте 100 км облетел Землю за 1,5 час. Этим человеком стал Ю.А.Гагарин. Космические аппараты и средства их доставки с помощью многоступенчатых ракет совершенствовались и максимальное время нахождения человека на них на орбитах около Земли составляет от нескольких месяцев до полугода. Технические средства для доставки человека на Марс и дальше в России и США уже созданы, на орбиту Земли сейчас могут быть выведены грузы до 30 т, а при сборке на орбите Земли из отдельных отсеков могут быть созданы космические аппараты весом в сотни тонн с необходимым запасом продовольствия и теплоносителя для дальних полетов (2-3 года) нескольких космонавтов к Марсу и обратно. Эти космические уже не аппараты, а корабли могут быть дополнены средствами доставки одного или нескольких космонавтов на поверхность Красной планеты. Составляется даже семейная пара для полета.

Но.. возможность такого полета с возвратом на Землю сопряжена с риском облучения сверхвысокой дозой радиации. Величина полученной дозы и уровень риска во много раз преуменьшались до начала этого века, преуменьшаются они и сейчас. Обусловлено это тем, что при реальной не заниженной оценки становится ясным: жить людям можно только на Земле

в пределах Солнечной системы. Земля единственная планета, на которой возможна высокоорганизованная жизнь.

На поверхности Земли защитой от космического излучения (солнечного и галактического) является магнитное поле, отклоняющее заряженные частицы с энергией ниже 1 ГэВ для околополярных широт и для экватора с энергией ниже 1,5 ГэВ.

Но даже при этом на широте 52, где геомагнитное обрезание составляет 2 ГэВ, годовая доза на высоте 20 км составляет 11,5 Зв, т.е. в 5 раз превышает допустимую годовую дозу (2сЗв) работников атомной промышленности и в 160 раз (0,1 сЗв) дозу для населения. При такой защите магнитным полем и слой 10 г/см² жизнь на Земле спасена от любых вспышек на Солнце и всплесков ГКИ.

Теперь от безопасной ситуации на поверхности Земли вернемся к верхним слоям атмосферы и в околоземное пространство (спутниковое), а затем рассмотрим радиационную ситуацию открытого космоса, к Луне и Марсу.

Космические лучи

Корпускулярное галактическое и солнечное излучения представляют основную опасность, ограничивая пребывание людей в открытом космосе. Состав и спектр космических лучей, полученный в разные периоды солнечной активности, приведен на рис.1.

Эта и часть последующих иллюстраций взята нами из доклада Н.М.Соболевского, Дубна [1], опубликованного в материалах конференции, а также из работ Нынника, возглавлявшего кафедру «Солнечная и земная физика в МГУ им.Ломоносова».

Главное внимание в этой работе будет уделено нейтронам, которые возникают под действием космического излучения (галактического и солнечного) в грунтах планет, а также оболочке и радиационной защите космических кораблей, при этом, чем толще сооружаемая защита, тем этих нейтронов больше.

Особая роль нейтронов в формировании биологической дозы определяется следующими факторами:

1)Во-первых, большое количество этих частиц, возникающих под действием космических лучей с ядрами грунта или в массивной защите. Особенно много нейтронов образуется при высоких энергиях протонов и ядер. Один из авторов этой работы (Яковлев Р.М.) в течение длительного времени с группой сотрудников Радиевого института исследовал образование нейтронов в элементарных актах и в массивных мишенях на ускорителе лаборатории высоких энергий в г.Дубна. Работы велись по проблеме электроядерного бридинга и шли первым приоритетом ЛВЭ (на

этом ускорителе ускорялись протоны и другие более тяжелые ядра до энергии 10 ГэВ/нукл.

В основном, исследовалось образование протонов и нейтронов от свинцовых моделей различных размеров с помощью время-пролетной методики сразу под шестью различными углами вылета нейтронов из мишени и в самих массивных мишенях с помощью пороговых детекторов (активационных и детектора деления тяжелых ядер).

Для сравнения исследовалось также образование и выходы нейтронов из других мишеней.

В результате многократного исследования нашей и других групп были получены выходы и спектры нейтронов из широкого набора налетающих ядер и различных мишеней, начиная от барн.

2) Во-вторых, в отличие от остальных частиц вторичного космического излучения (кроме π^0 -мезонов, которые через 10 -15 секунды превращаются в гамма-кванты), нейтроны не имеют заряда и поэтому проникающая способность их по сравнению с протонами и другими заряженными частицами несоизмеримо выше. Так, протон с энергией 2 МэВ пройдет в веществе до остановки меньше 1 мм, нейтрон, многократно сталкиваясь и передавая энергию другим ядрам, удалится на значительное расстояние от места своего возникновения. Чем выше средний атомный состав вещества, тем больший путь до потери энергии вплоть до тепловой пройдет нейтрон.

Следует еще раз подчеркнуть, что нейтрон теряет свою энергию в веществе, многократно сталкиваясь, и проходит большой путь в веществе, значительно больший, чем удаление от места зарождения.

Поэтому потоки нейтронов, т.е. число нейтронов, пересекающих за единицу времени площадку единичной площади оказывается большим.

Приведенные нами оценки являются заниженными, поскольку в Атласе значения переходных коэффициентов занижены в 2 раза по сравнению с рекомендуемыми МКРЗ-103 (см.рис.3), где они значительно выше. Высокие значения переходных коэффициентов для нейтронов в широком диапазоне энергий определяется тем, что в самой биологической ткани при замедлении нейтронов возникают ядра отдачи с высокими линейными потерями энергии (ЛПЭ).

Так для протонов отдачи, возникающих в большом количестве в самой биологической ткани, ЛПЭ является большей, что соответствует ОБЭ 20.

При низких же энергиях нейтронов ($E_n < 1$ эВ) имеет определяющий вклад от реакции (n,p) на азоте ($n + {}^{15}\text{N} \rightarrow {}^{14}\text{C} + p$), поскольку из всех реакций эта реакция экзотермическая, в результате которой возникают внутри биологической ткани протон с энергией 0,6 МэВ.

Поэтому, считать ОБЭ для нейтронов низким (1 или 0,7) как рекомендуют, нет оснований, если не считать человека мышью или микробом.

Для столь мелких объектов прохождение нейтронов на просвет вполне вероятно является не более опасным, чем прохождение γ -кванта с энергией 1 МэВ. Но для массивных объектов, содержащих воду и азот, нейтроны при их многократном столкновении с ядрами внутри биоткани ситуация иная. Заменять картину однократным прохождением с реальной фигурой, которая изображена на рис. И отражает реальную ситуацию прохождения нейтрона через вещество. В конечной точке, изображенной на рис. ,где нейтрон замедляется, теряет свою энергию возникают в тканезквивалентном веществе в результате упругих и неупругих соударений заряженные частицы с высокими линейными потерями энергии (ЛПЭ), а при низких энергиях нейтрона при взаимном действии с с азотом появляется протоны с очень высоким ЛПЭ.

Изменить картину замедления нейтрона и наносимого им ущерба в тканезквивалентном веществе (например, в мозге) невозможно до тех пор, пока мы не исключим из состава водород и азот, т.е. не заменим человека роботом для полетов на Марс и для пребывания на базах на Луне. Эту замену мы и рекомендуем.

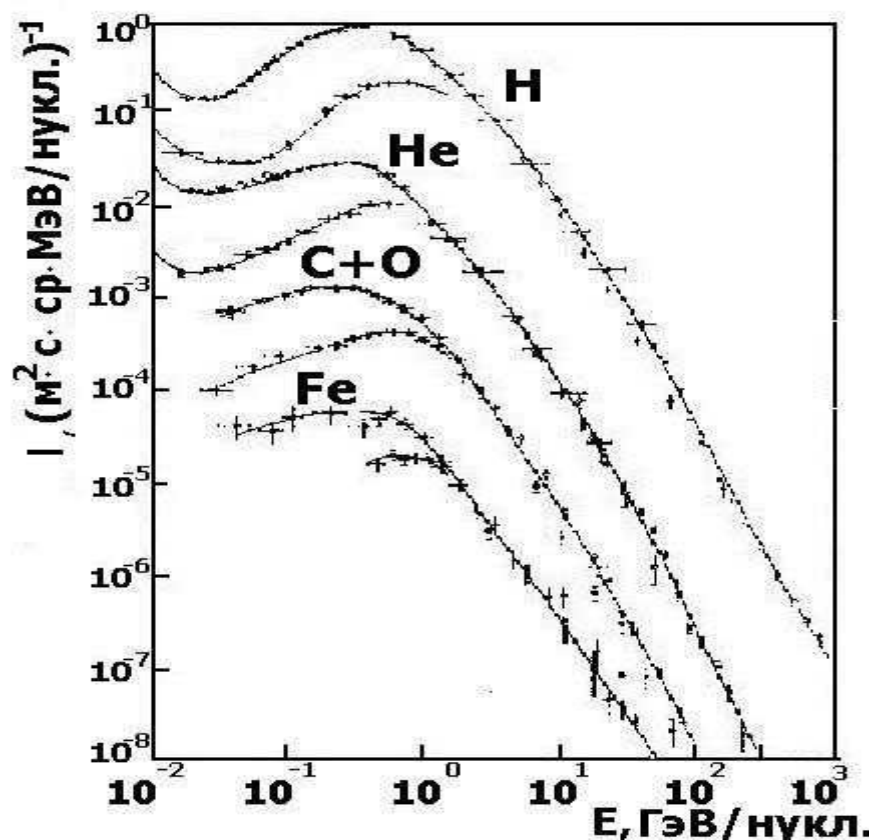


Рис.1. Состав и спектр космических лучей, полученный в разные периоды солнечной активности

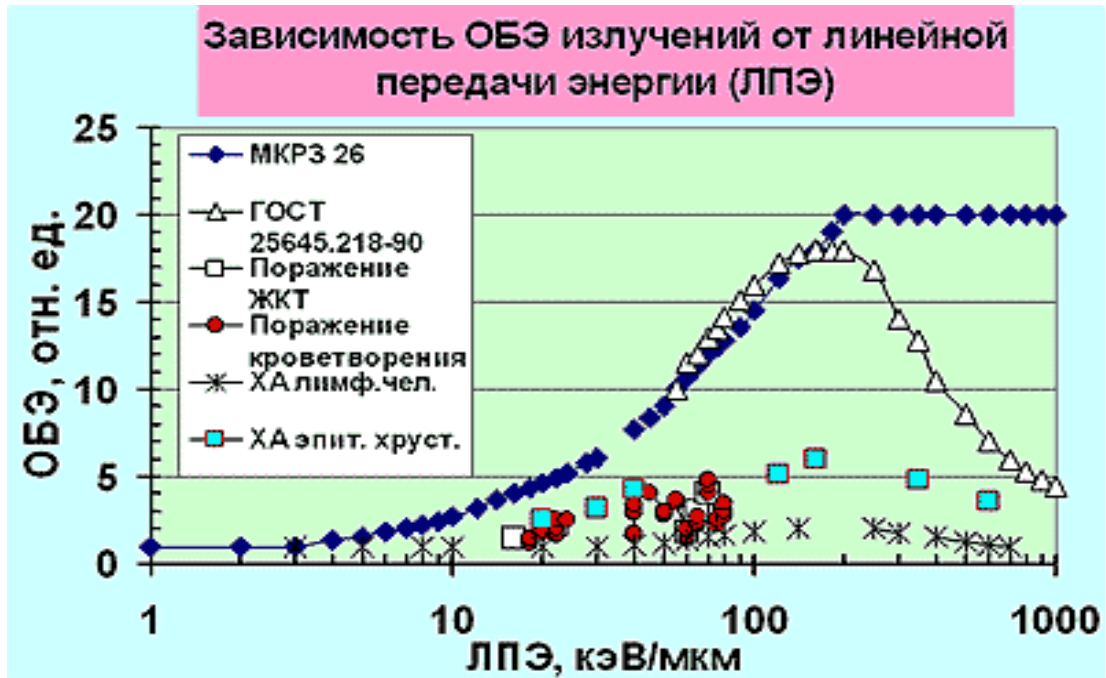


Рис.2. Зависимость ОБЭ излучений от линейной передачи энергии

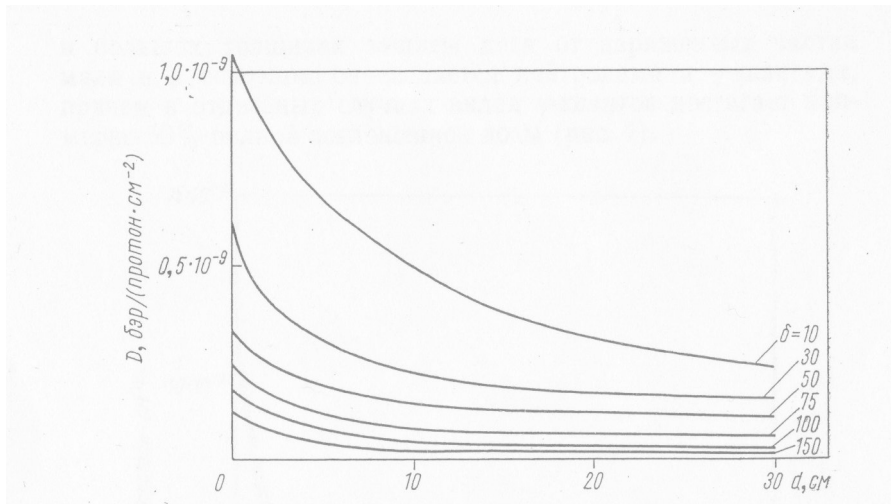


Рис.3. Распределение доз в фантоме на глубине d , обусловленных протонами с энергией $E_p=50$ МэВ за защитой из алюминия толщиной δ г/см²

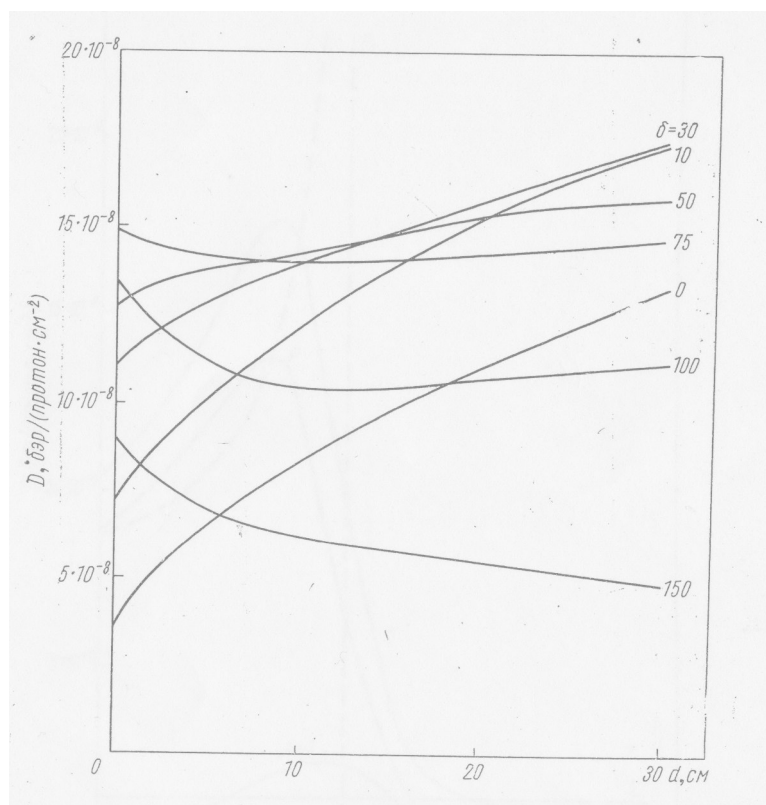


Рис.4. Распределение доз в фантоме по глубине d , обусловленных протонами с энергией $E_p=660$ МэВ за защитой из алюминия толщиной δ г/см²

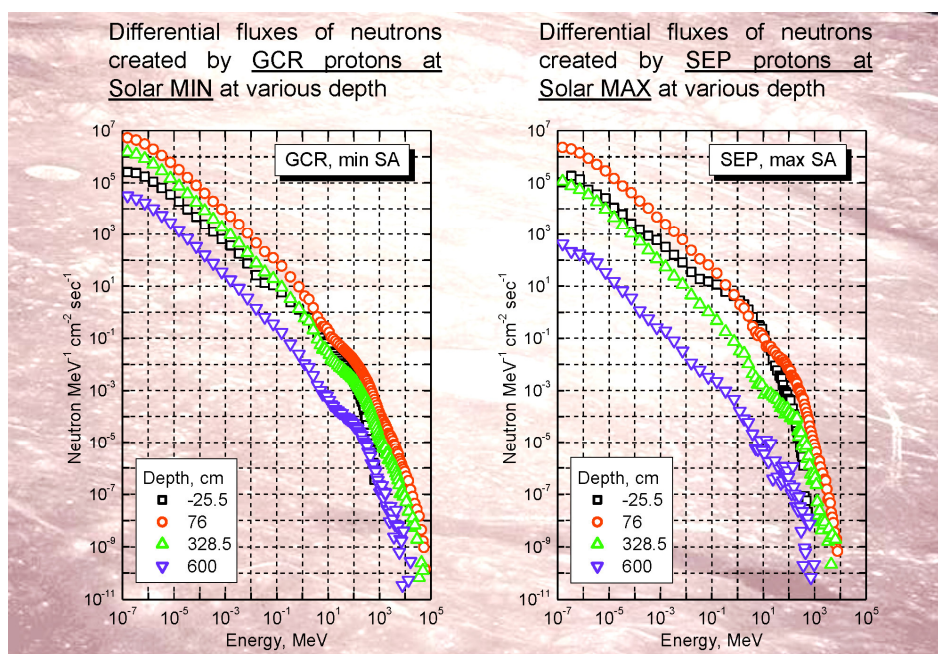


Рис.5. Дифференциальные потоки нейтронов от галактического и солнечного излучения на разных глубинах

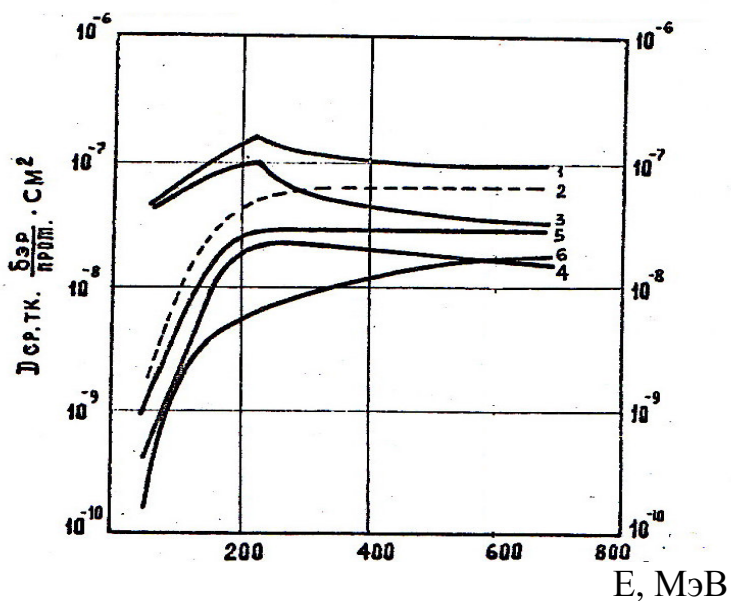


Рис.6. Зависимость среднетканевых доз (рад,бэр), от энергии падающих протонов. 1-суммарная доза, 2- полная доза от вторичных частиц, 3- доза от первичных протонов, 4- доза от вторичных протонов, 5 – доза от ядер с $A > 1$, 6- доза от нейтронов и гамма-квантов, \uparrow - экспериментальные данные

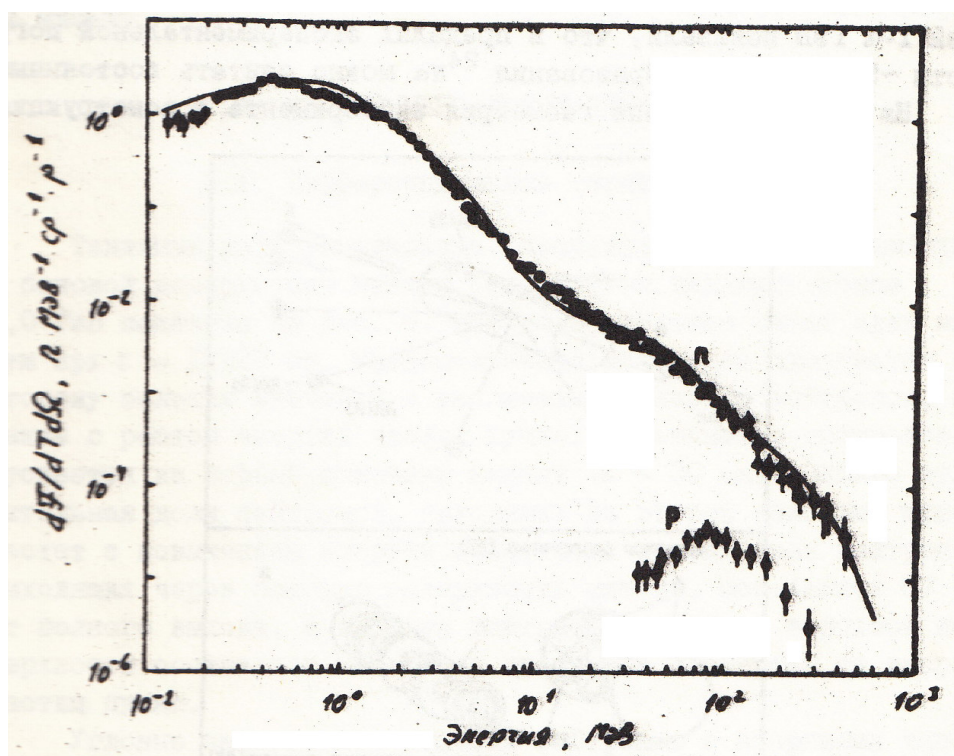


Рис. 7. Энергетические спектры нейтронов и протонов под углом 90° при облучении свинцовой мишени 20×20 см протонами с энергией 2,55 ГэВ, измеренные методом времени пролета (точки), и нейтронный спектр, восстановленный по результатам интегральных измерений с пороговыми детекторами (кривая)

Выходы нейтронов из свинцовой мишени 20x60 см

Нейтроны	Энергия ионов пучка, ГэВ		
	Протоны		
	0,994	2	3,65
Все	25 ,1 ± 3	44,2 ± 3,1	80,7 ± 5,3
>1 МэВ	16,3 ± 2,1	27,5 ± 2	49,8 ± 4,5
>20 МэВ	2,1 ± 0,3	4,7 ± 0,4	8,6 ± 1
>50 МэВ	3,5 ± 0,3	5,5 ± 0,5	5,0 ± 0,5
>100 МэВ	2,0 ± 0,3	2,6 ± 0,2	3,0 ± 0,3
>250 МэВ	0,38 ± 0,05	0,5 ± 0,05	0,7 ± 0,07

Библиографический список

1. Н.М.Соболевский. Докл.мат.конф. Актуальные вопросы рад. безоп.дл.косм.полетов. ИЯИ РАНДубна,2011.

2. Нерелятивистские частицы, образующиеся при взаимодействии многозарядных ядер космического излучения с легкими эмульсиями.- «Яд.физика», т.14, вып.2, с.378-381, 1973, т.18, вып.2, с.374-377. В.Е.Дудкин, Ю.В.Потапов, Р.М.Яковлев и др.

3. Вторичные частицы, образующиеся при взаимодействии многозарядных релятивистских ядер с ядра на эмульсии «Яд.физика», 1973, т.18,с.374.Дудкин В.Е., Р.М.Яковлев и др.

4. A Study of the Dose Composition in Tissue-Equivalent Phantoms for High-Energy Protons.-Health Physics, 1972,v.23, P.663/Dudkin V.E. Yakovlev R.M.and others.

5. Атлас о формировании дозных полей. с.25.

6. Сакович В.А., Семенов В.Ф. Радиационная безопасность при пилотируемом полете на Марс. “Концепция. Ат.энергия”, т.99, вып.4, окт.2005, с.301-309.

7. Изучение формирования доз в тканеэквивалентных факторах.- Дудкин В.Е., Яковлев Р.М. и др. В кн. Доклады совещания по дозиметрии и физике защиты на ускорителях. ОИЯИ 16-4888, Дубна, 1969, с.179-190.

8. Образование нейтронов при взаимодействии протонов с энергией 2 ГэВ с ядрами. В.И.Юревич, Р.М.Яковлев, В.Г.Ляпин. ОИЯИ, Дубна, Радиевый инст-т. Ядерные INSTR. и методы физ.исслед. А562 (2006) 747-749.

9. В.И.Юревич, Р.М.Яковлев. Исследование эмиссии нейтронов при взаимодействии релятивистских протонов и нейтронов. Письма ЭЧАИ, т3, N2(132), 2006

10. Дудкин В.Е. и др. В сб. «Вопросы дозиметрии и защиты от излучений» Под ред. В.И.Иванова. Вып.3, М., Атомиздат, 1964, с.159.

11. В.Е.Дудкин и др. Методика расчета глубинных распределений доз от протонов высоких энергий за защитой. Вопр. дозиметрии и защиты, вып.9, 1969.

С.П. Хабаров, кандидат технических наук, доцент

АРХИТЕКТУРА СОВРЕМЕННЫХ НАСТОЛЬНЫХ ПК НА БАЗЕ ПРОЦЕССОРОВ AMD

Корпорация Intel в 2014 году занимала более 80% рынка производства микропроцессоров. Второй, с долей рынка около 17%, была фирма Advanced Micro Devices (AMD) — крупнейший производитель графических процессоров, чипсетов для материнских плат и флэш-памяти. В частности, ее процессоры используются в мощных современных игровых приставках нового поколения таких, как Xbox One и PlayStation 4.

На текущий момент есть существенные различия в подходах Intel и AMD к сегменту рынка настольных и планшетных компьютеров. В то время как AMD заинтересована в устройствах верхней ценовой категории, компания Intel, делая основную ставку на рынок планшетных компьютеров, субсидирует производителей недорогих планшетов, которые используют процессоры ее компании.

В сегменте настольных ПК поставки процессоров AMD несколько выросли за последний год, а поставки процессоров, как для серверов, так и ноутбуков немного упали. AMD собирается пересмотреть свою политику последних лет и уйти с рынка низкодоходных бюджетных ПК, ориентируясь на рынок ПК, которые могут без труда справиться с многочисленными требовательными к ресурсам приложениями, такими как:

- Сложные 3D-игры.
- Комплексное 3D-моделирование.
- Редактирование HD-видео.

Однако, Intel с платформой "Haswell-E" пока имеет самые быстрые процессоры на рынке, а вот AMD за последние годы не может похвастаться новыми достижениями. Конечно, ранее AMD сделал попытку пробиться в high-end сегмент с процессорами FX-9590, позиционируя их в качестве альтернативы Intel Core i7. Это был первый 8-ядерный процессор для персональных компьютеров, да еще с возможностью его разгона.

Увеличение тактовой частоты FX-9590 привело к радикальному повышению его TDP (thermal design power) — величины, которая показывает на отвод какой тепловой мощности должна быть рассчитана система охлаждения процессора.

В зависимости от нагрузки, тактовая частота FX-9590 может достигать 5.0 ГГц, но при этом система охлаждения должна справляться с тепловыделением порядка 220 Вт, что требует очень тщательно задумываться о выборе систем охлаждения и блоков питания.

Следует отметить что, несмотря на высокую частоту и 8 ядер, тестирование FX-9590 не показало сколь-нибудь значимых результатов [1]. В домашнем и офисном сценариях он уступал более дешёвому Core i5-4670K, а сила его проявлялась лишь в отдельных ресурсоёмких многопоточных приложениях, вроде обработки видео, криптографии или рендеринга.

Основное достоинство процессоров AMD в том, что они позволяют собирать относительно дешёвые и достаточно производительные конфигурации, но FX-9590 для этого не очень подходит. Его цена слишком высока, и он не может предложить ничего такого, чего нет у значительно менее дорогостоящих модификаций процессоров серии FX.

В сентябре 2014 AMD представила процессоры AMD FX-8370e и AMD FX-8320e, где символ "e" означает повышенную эффективность энергопотребления. Особых изменений архитектуры не было, а чтобы снизить энергопотребление, AMD пришлось пойти на урезание базовой частоты. Кроме этого, частота Turbo не может поддерживаться столь же длительный период, как у процессоров на 125 Вт или даже 220 Вт (рис. 1).

	FX-9590	FX-9370	FX-8370	FX-8370e	FX-8320e
Техпроцесс	32 нм	32 нм	32 нм	32 нм	32 нм
Ядра CPU	4x 2	4x 2	4x 2	4x 2	4x 2
Базовая частота	4,7 ГГц	4,4 ГГц	4,0 ГГц	3,3 ГГц	3,2 ГГц
Частота Turbo	5,0 ГГц	4,7 ГГц	4,3 ГГц	4,3 ГГц	4,0 ГГц
Кэш L2	4x 2 МВ	4x 2 МВ	4x 2 МВ	4x 2 МВ	4x 2 МВ
Кэш L3	8 МВ	8 МВ	8 МВ	8 МВ	8 МВ
Макс. DDR3	1.866 МГц	1.866 МГц	1.866 МГц	1.866 МГц	1.866 МГц
Сокет	AM3+	AM3+	AM3+	AM3+	AM3+
TDP	220 Вт	220 Вт	125 Вт	95 Вт	95 Вт

Рис. 1. Линейка процессоров AMD архитектуры Piledriver семейства "Vishera"

Все эти процессоры изготавливаются по 32-нанометровым технологическим нормам, характеризуются уровнем TDP от 95 до 125 Вт и поддерживают работу с оперативной памятью DDR3, работающей с частотой до 1866 МГц. Они являются составной частью платформы AMD FX, в которую также входят:

- чипсеты 990FX, 990X, 970, выполняющие функции северного моста;
- южный мост SB950, который поддерживает все чипсеты AMD 9-й серии;
- дискретные графические адаптеры семейства Radeon HD 7000 (Radeon HD 7970 GHz Edition, Radeon HD 7970, Radeon HD 7950, Radeon HD 7870 GHz Edition или Radeon HD 7770).

Платформа AMD серии FX имеет стандартную трехчиповую архитектуру с интегрированным в северный мост 128-разрядным контроллером памяти DDR3 (рис. 2).

Процессор с северным мостом связывает двунаправленная последовательно-параллельная шина Hyper-Transport 3.0, которая работает на частоте 2.6 ГГц. Она обеспечивает одно 16-разрядное соединение со скоростью 5.2 ГТ/с. Общая пропускная способность канала процессор-система достигает 37 ГБ/с (шина HyperTransport + шина памяти).

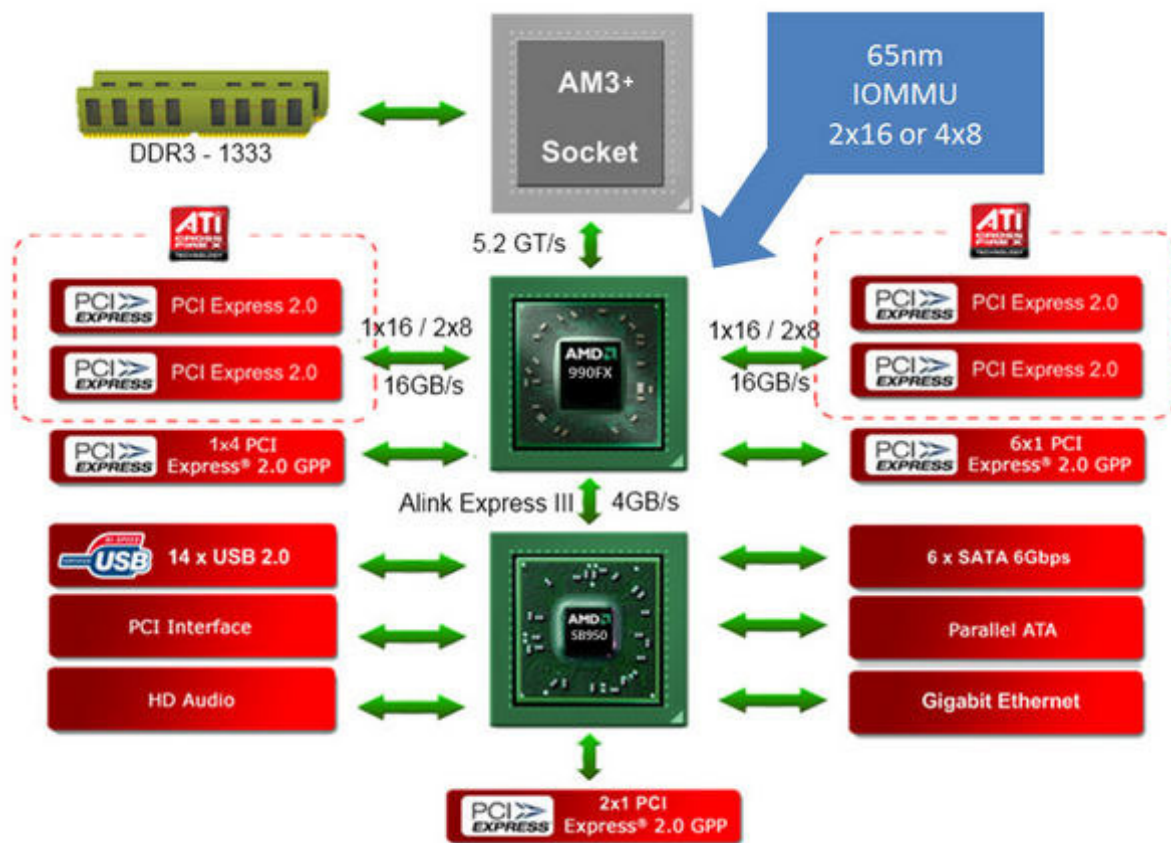


Рис. 2. Архитектура платформы AMD FX"

Основные интерфейсы и шины,
поддерживаемые чипсетами AMD 9-й серии

Чипсет AMD	AMD Radeon HP GPU	PCI Express 2.0	USB 2.0	USB 3.0	SATA 6 ГБ/с	RAID
990FX + SB950	до 4 дискретных	2x16 или 4x8	до 14	внешний	до 6	0, 1, 5, 10
990X + SB950	до 2 дискретных	1x16 или 2x8	до 14	внешний	до 6	0, 1, 5, 10
970 + SB950	1 дискретный	1x16	до 14	внешний	до 6	0, 1, 5, 10

Ряд лет AMD успешно торговала процессорами серии FX, которые не имели встроенных графических ядер и представляли собой быстрее из разработок AMD. Эти чипы пользовались популярностью среди геймеров и оверклокеров, которые в своих ПК применяют продвинутые внешние видеокарты. Успеху серии FX способствовала как разумная ценовая политика AMD, так и неплохая многопоточная производительность FX.

Однако в начале 2014 года акцент производства AMD смещается от проверенной временем серии FX к гибридным процессорам — APU (Accelerated Processing Units), которые совмещают на одном кристалле как вычислительные, так и графические ядра. Для настольных компьютеров AMD предлагает три типа APU. Это гибридные процессоры А-серии,

сочетающие в себе мощь премиум графики AMD Radeon™ с технологией многоядерного центрального процессора, а также более бюджетные серии AMD Athlon™ и AMD Sempron™.

Архитектура настольных ПК на базе гибридных процессоров AMD

Впервые идея гибридных процессоров (Accelerated Processor Unit, APU) была озвучена компанией AMD еще в 2006 году и определяла микропроцессорную архитектуру, при которой центральный процессор объединялся с графическим процессором на одном кристалле, что вело к снижению общего энергопотребления и стоимости системы за счёт сокращения числа комплектующих и унификации технологии.

До недавнего времени процессоры AMD, как и Intel (Sandy Bridge, Ivy Bridge, Haswell), с практической точки зрения представляли собой обычные центральный процессор и видеокарту, собранные внутри одной микросхемы. При этом Intel даже избегал названия APU для своих процессоров, именуя их традиционным термином CPU или CPU со встроенным графическим ядром.

Однако уже достаточно давно AMD сделала ставку на гетерогенную системную архитектуру (Heterogeneous System Architecture, HSA). Ее основная идея в том, что многие задачи могут выполняться на параллельных потоковых процессорах графических ядер быстрее и с меньшими затратами энергии, нежели на скалярных x86-ядрах. Комбинируя и те и другие вычислительные ресурсы, можно получить универсальную аппаратную базу для эффективного выполнения широкого спектра задач.

Для решения этой задачи был сформирован консорциум HSA Foundation, в состав которого вошли такие крупные компании, как AMD, ARM, Texas Instruments, MediaTek и Imagination Technologies, а чуть позже к ним присоединились Qualcomm и Samsung.

В середине 2013 года на конференции HSA Foundation была принята первая версия архитектура HSA [2], которая, по мнению разработчиков, должна совершить маленькую революцию в улучшение показателей производительности и энергопотребления современных ПК. Она предполагает создание принципиально новой процессорной архитектуры, которая на базе когерентного доступа к памяти, объединяла бы

- скалярные вычисления на центральном процессоре (CPU),
- параллельные вычисления графического процессора (GPU),
- и оптимизированную обработку сигналов цифровым сигнальным процессором (DSP).

При таком подходе все вычислительные блоки должны объединяться на уровне архитектуры и иметь общую область памяти (рис. 3).

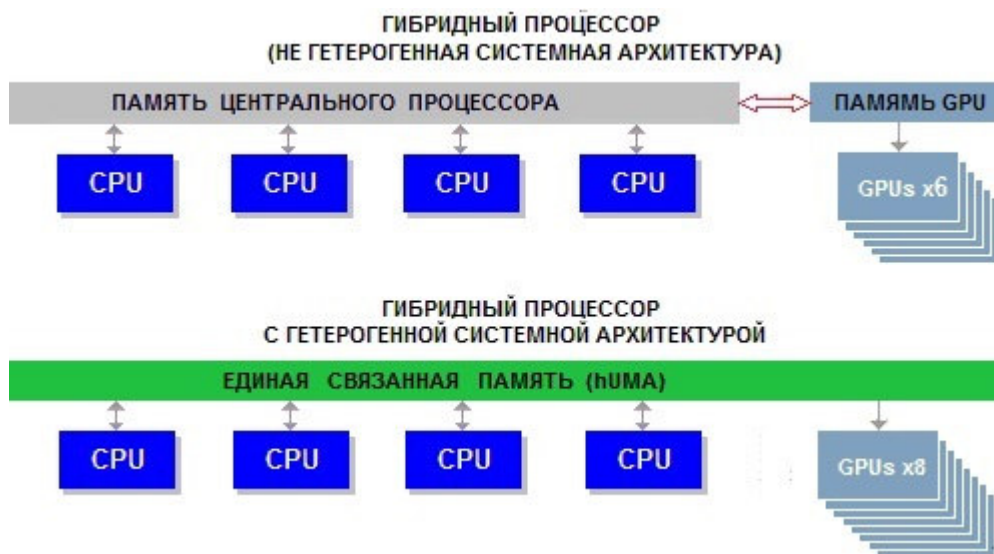


Рис. 3. Различия в структурной организации гибридных процессоров

Еще недавно процессоры с гетерогенным дизайном не были столь популярны, так как для их использования нужны были специальные программы, создание которых вызывало у разработчиков большие трудности, но в начале 2014 года компания AMD представила гибридные процессоры А-серии, известные под кодовым именем Kaveri (рис. 4).



Рис. 4. Гибридные процессоры AMD А-серии

В них заложены технологии семейства HSA, которые существенно упростят программирование алгоритмов, работающих в гетерогенной среде. Главное достижение APU компании AMD в том, что они поколение за поколением наращивают возможности по гетерогенным вычислениям, а количество реальных приложений, использующих эти возможности чипов APU, продолжает увеличиваться (LibreOffice, Adobe Photoshop и др.).

Если раньше таких приложений почти не было, то сейчас их список достаточно велик и постоянно растет. И речь уже не только о приложениях по обработке видеоданных, но и офисных приложениях, графических

пакетах и т.п. Конечно, до идеального положения вещей в сфере программной поддержки еще очень далеко, но AMD делает очень многое для развития гетерогенных вычислений.

Что касается А-серии, то сейчас представлено всего три модели Kaveri для настольных компьютеров: A10-7850K, A10-7700K и A8-7600. Все они оснащены четырьмя вычислительными ядрами и 4 Мбайт кэша второго уровня [3].

Флагманский чип этой серии A10-7850K работает на частоте 3.7 ГГц в обычном режиме и частоте 4.0 ГГц в турбо режиме. Он располагает видеоадаптером с 512 потоковыми процессорами, 8 блоками растеризации и 32 текстурными блоками, поддерживая инновационную архитектуру Graphics Core Next с 8-ю модулями GCN (рис. 5).

	AMD A10-7850K	AMD A10-7700K	AMD A8-7600
Ядра	4 ядра (2 модуля)	4 ядра (2 модуля)	4 ядра (2 модуля)
Разблокированный множитель	Есть	Есть	Нет
Тактовая частота	3,7 ГГц	3,4 ГГц	3,3/3,1 ГГц
Частота в турборежиме	До 4,0 ГГц	До 3,8 ГГц	До 3,8/3,3 ГГц
L2-кеш	2x2 Мбайт	2x2 Мбайт	2x2 Мбайт
Графическое ядро	Radeon R7	Radeon R7	Radeon R7
Вычислительные кластеры	8	6	6
Шейдерные процессоры	512	384	384
Частота GPU	720 МГц	720 МГц	720 МГц
TDP	95 Вт	95 Вт	65/45 Вт

Рис. 5. Семейство гибридных процессоров А-серии

В новой серии APU компания AMD продолжила, прежде всего, развивать возможности и производительность GPU-ядер. AMD явно использует отличающийся баланс скоростей работы CPU и GPU, по сравнению с той же Intel. И хотя их конкурент в последнее время также усиливает свои видео ядра, но графические процессоры архитектуры Graphics Core Next [4] имеют более привлекательную функциональность и впечатляющую энергоэффективность.

Гибридные чипы AMD лидируют в графических задачах, как по возможностям, так и по производительности, обеспечивая при этом поддержку дисплеев с разрешением Ultra HD (3840x2160 точек) и возможность вывода изображения сразу на четыре монитора.

AMD по-прежнему работает на 28 нм техпроцессе, в то время как Intel уже поставляет 14 нм чипы (Intel Broadwell) и уже разрабатывает 10 нм представителей. Сжатие размера кристалла является одним из способов повысить эффективность чипа, но он явно не единственный, что и пытается доказать AMD на своем примере. В гибридные процессоры нового поколения компания AMD внедрила две новые передовые технологии:

- Одна из них — это технология AMD hUMA (Heterogeneous Unified Memory Access).

Она предлагают простой путь доступа ко всей системной памяти вне зависимости от того, какой частью APU сгенерирован соответствующий запрос. Любое из 12 ядер Kaveri, будь то ядро CPU или вычислительный кластер графического ядра, имеет равноценный и простой доступ непосредственно в системную память. Аппаратная реализация hUMA в Kaveri обеспечивает:

- когерентность кэш-памяти различных по назначению ядер;
- предоставляет графическому ядру возможность работать не только с физической, но и с виртуальной памятью в рамках 32-гигабайтного адресного пространства;
- убирает любые ограничения и любое разделение памяти на системную и видеопамять.

- Вторая технология — это технология гетерогенных очередей hQ (Heterogeneous Queuing).

Именно она делает Kaveri по-настоящему гетерогенным процессором. При старой обычной архитектуре вся вычислительная нагрузка идет через процессорные ядра. В том числе и та, что предназначена для решения на графическом ядре (рис. 1.24, слева).

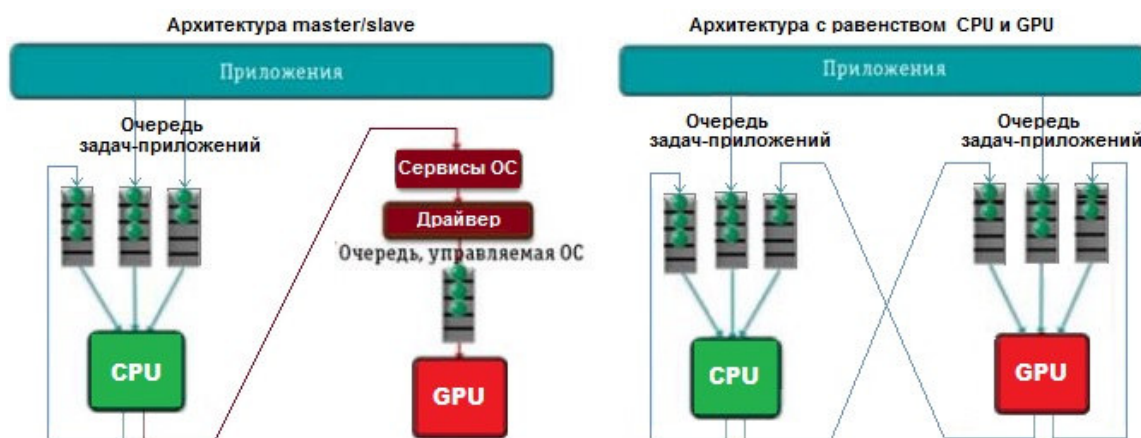


Рис. 6. Особенность технологии гетерогенных очередей в APU Kaveri

При таком подходе CPU должен взаимодействовать с ОС, которая управляет очередями. Получив задание, она передает его драйверу, который, в свою очередь, преобразует это задание в команды конкретной графической системы.

За отправку задач для решения на GPU и контроль их исполнения всё равно отвечал CPU, что вносило дополнительные задержки.

Новый подход к организации вычислений, на основе технологии hQ, разрешает графическому ядру взаимодействовать с приложением и другими ядрами не под управлением CPU, а напрямую, уравнивая ядра различной природы в своих правах (рис. 6, справа).

Иными словами, hQ стирает грани между ролями CPU и GPU, уменьшает задержки и упрощает параллельную обработку данных разнородными ядрами. GPU, как и CPU, получает право создавать и отправлять вычислительные потоки на исполнение.

Если принять к рассмотрению hUMA и hQ, то желание AMD представить свои процессоры Kaveri как 12-ядерные уже не выглядит таким нелепым. Ядра эти разнородны и предназначены для различных целей, но при условии должной оптимизации программного обеспечения они действительно способны существенно улучшить производительность и энергоэффективность систем.

Процессоры Kaveri производятся по 28-нанометровой технологии компанией GlobalFoundries, частью акций которой владеет компания AMD, передавшая GF свои производственные мощности. Теперь GF — один из крупнейших контрактных производителей микросхем, а сама AMD с 2012 года перешла в разряд компаний категории fabless, ограничивающих свою деятельность проектированием и продажами микросхем.

Новое поколение гибридных процессоров AMD

В феврале 2015 года, когда Kaveri ещё толком не вышел на рынок, на конференции International Solid State Circuits Conference (ISSCC) корпорация AMD объявила о новой линейке APU под кодовым названием Carrizo. Их выпуск планируют на вторую половину 2015 года. Они представляют собой систему на кристалле (SoC), предназначены для ноутбуков и энергоэффективных ПК [5,6]. Основными отличиями Carrizo, которые были анонсированы на ISSCC, являются:

- число транзисторов увеличилось на 29% при тех же размерах кристалла, что и у APU Kaveri;
- новые ядра CPU (Excavator x86) обеспечивают ускоренное выполнение инструкций при снижении энергопотребления CPU на 40%;

- новые ядра Radeon с выделенным блоком питания, что снижает на 20% энергопотребление GPU;
- выделенный алгоритм H.265 для сжатия видео на кристалле, что ускорит выполнение операций по транскодированию видеопотоков в 3,5 раза;
- двузначное (в процентах) увеличение производительности и времени автономной работы;
- интегрированный южный мост – это выполнено впервые для высокопроизводительного APU от AMD.

Основной акцент при создании Carrizo был направлен на энергоэффективность. Вычислительная мощность ядер возрастёт не более чем на 5%, но и Intel не может похвастаться большим последовательным ростом производительности. А вот энергоэффективности Intel и AMD добиваются разными путями. Если Intel делает ставку на совершенствование техпроцесса и вертикальные транзисторы, то AMD оптимизирует дизайн архитектуры, опираясь на новые "высокоплотные" библиотеки.

Впрочем, тут ей помогла компания GlobalFoundries, которая предложила улучшенную разновидность 28-нм техпроцесса с еще большим количеством транзисторов (до 3,1 млрд. штук) на том же размере кристалла. Увеличение плотности помогло высвободить больше места для графики, мультимедийных дополнений, а также интегрировать системные контроллеры южного моста. В этом компания AMD опережает компанию Intel, у которой мосты Broadwell не входят в состав кристаллов.

Компания AMD по возможностям вычислительных ядер значительно уступает Intel, рассчитывая сократить это отставание в будущем, но по графике и интеграции компонентов она идёт впереди конкурента.

Библиографический список

1. Илья Гавриченко. Обзор процессора AMD FX-9590: прощание с Vishera [Электронный ресурс]. – Режим доступа: открытый ресурс; постоянный адрес в Интернет: – <http://www.3dnews.ru/786554> – Загл. с экрана.

2. Олег Коленченко. Начало новой эпохи? Обзор архитектуры HSA [Электронный ресурс]. – Режим доступа: открытый ресурс; постоянный адрес в Интернет: – <http://www.ferra.ru/ru/system/review/AMD-HSA-architecture/#.VSu8nJ3WjmE> – Загл. с экрана.

3. Леонид Черняк. Все в одном: микропроцессор Kaveri, «Открытые системы», №1, 2014 г.

4. Сергей Пахомов. Новая микроархитектура Graphics Core Next и видеокарта AMD Radeon HD 7970, КомпьютерПресс, №2, 2012 г.

5. AMD раскрывает подробности архитектуры высокопроизводительной и энергоэффективной системы на кристалле “Carrizo” [Электронный ресурс]. – Режим доступа: открытый ресурс; постоянный адрес в Интернет: – <http://www.overclockers.ru/itnews/67234/amd-raskryvaet-podrobnosti-arhitekturny-vysokoproizvoditelnoj-i-energoeffektivnoj-sistemy-na-kristalle-carrizo.html> – Загл. с экрана.

6. AMD Carrizo. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: открытый ресурс; постоянный адрес в Интернет: – http://www.computerworld.ru/tag/amd_carrizo – Загл. с экрана.

М.А.Шубина, кандидат технических наук, доцент

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ АЭРОФОТОСЪЕМКИ В ЦЕЛЯХ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ НАЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ

Аэрофотосъемка – это один из наиболее точных методов наблюдения и картографирования наземных объектов. Однако в настоящее время стоимость топлива и выход из строя специализированных аппаратов, использовавшихся для этой цели, из-за выработки ресурса без замены новыми моделями привели к резкому удорожанию метода и поискам альтернативы.

Выходом представляется использование дешевых беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). БПЛА или БЛА – это летательный аппарат без экипажа на борту, использующий аэродинамический принцип создания подъемной силы с помощью фиксированного или вращающегося крыла (БПЛА самолетного и вертолетного типа), оснащенный двигателем и имеющий полезную нагрузку и продолжительность полета, достаточные для выполнения специальных задач.

Другими предпосылками применения БПЛА в качестве нового фотограмметрического инструмента являются недостатки двух традиционных способов получения данных ДЗЗ с помощью космических

спутников (космическая съемка) и воздушных пилотируемых аппаратов (аэрофотосъемка) [1]. Данные спутниковой съемки позволяют получить снимки с максимальным общедоступным разрешением 0,5 м, что недостаточно для крупномасштабного картирования. Кроме того, не всегда удается подобрать безоблачные снимки из архива. В случае съемки под заказ теряется оперативность получения данных. В отношении компактных участков операторы и дистрибьюторы зачастую не проявляют гибкой ценовой политики. Традиционная аэрофотосъемка, которая проводится с помощью самолетов (Ту-134, Ан-2, Ан-30, Ил-18, Cessna, L-410) или вертолетов (Ми-8Т, Ка-26, AS-350) требует высоких экономических затрат на обслуживание и заправку, кроме того, перечень моделей свидетельствует об отсутствии «живых» бортов.

Применение стандартных авиационных комплексов нерентабельно в следующих случаях:

- Съемка небольших объектов и малых по площади территорий.

В этом случае экономические и временные затраты на организацию работ, приходящиеся на единицу отснятой площади, существенно превосходят аналогичные показатели при съемке больших площадей (тем более для объектов, значительно удаленных от аэродрома);

- При необходимости проведения регулярной съемки в целях мониторинга протяженных объектов: трубопроводы, ЛЭП, транспортные магистрали.

Таким образом, плюсами применения БПЛА являются: 1. Рентабельность 2. Возможность съемки с небольших высот и вблизи объектов. Получение снимков высокого разрешения. 3. Оперативность получения снимков. 4. Возможность применения в зонах чрезвычайных ситуаций без риска для жизни и здоровья пилотов.

Стоит отметить, что технология аэрофотосъемки с БПЛА в значительной степени отработана. В настоящее время большая часть существующих и эксплуатируемых БПЛА предназначены для воздушной разведки и наблюдения, которые осуществляются в военных целях.

Однако применение в целях картографии имеет ряд ограничений и специфических требований.

Ограничения: 1. На сегодняшний день развитие рынка гражданских БПЛА, в том числе, и для нужд аэрофотосъемки, тормозится отсутствием нормативно-правовой базы для интеграции БПЛА в единое воздушное пространство. Эта проблема не решена полностью ни в одной стране мира. В России пока предприняты только первые шаги в этом направлении. С 1 ноября 2010 года вступили в силу новые Федеральные правила использования воздушного пространства Российской Федерации. Впервые в этот документ включено определение беспилотного летательного

аппарата, а также введены положения относительно порядка использования беспилотного летательного аппарата в воздушном пространстве. Однако этот документ должен быть дополнен рядом сопутствующих документов, содержащих подробные правила и инструкции. Пока что, не дожидаясь создания нормативно-правовой базы, беспилотные системы, закупают структуры, имеющие особые полномочия (пограничники, полиция, МЧС).

В настоящее время легальные запуски БПЛА в коммерческих целях осуществляются на основании разрешения, технология получения которого отработана компаниями- поставщиками БПЛА. При этом ответственность за полет лежит на операторе, который осуществляет запуск.

2. Повышенная аварийность БПЛА. В настоящее время БПЛА не снабжены системой распознавания препятствий и ухода от столкновений, кроме того, многие модели оснащены не вполне совершенными автопилотами (для удешевления стоимости и уменьшения веса бортового оборудования). Риск потери аппарата и оборудования приводит к тому, что многие компании могут предпочесть покупать не БПЛА, а летные часы у организаций, которые бы специализировались на беспилотных запусках.

3. Не урегулированы до конца вопросы сертификации, страхования, регистрации.

4. Необходимость разработки методик аэросъемки с БПЛА для получения результатов требуемой точности, включающих калибровку используемой аппаратуры для съемки и обеспечение стабильности ее расположения во время работы.

На сегодняшний день по данным UVS International (ведущей международной ассоциации беспилотных систем www.uvs-international.org) БПЛА производят в 52 странах мира. Десятки больших предприятий и малых фирм конкурируют на этом рынке.

Типы беспилотных летательных аппаратов представлены в таблице 1.

Больше всего изготовлено БПЛА самолетного типа -852, вертолетного типа -208, остальных типов – 1-39.

Для выполнения специальных задач, в частности для аэрофотосъемки, БПЛА должен рассматриваться в совокупности с его приборным оснащением и полезной нагрузкой, для чего введен термин беспилотная авиационная система (БАС).

Т а б л и ц а 1

Типы беспилотных летательных аппаратов

	Аэростатические	Аэродинамические			Реактивные
		Гибкое крыло	Фиксированное крыло	Вращающееся крыло	
Безмоторные	Аэростаты	Воздушные змеи и аналоги безмоторных аппаратов сверхлегкой авиации (парапланы, дельтапланы и др.)	Планеры		
Моторные	Дирижабли	Аналоги моторных аппаратов сверхлегкой авиации (парапланы, дельтапланы и др.)	БПЛА самолетного типа	БПЛА вертолетного типа	Космические реактивные аппараты

БАС состоит из бортового комплекса управления, полезной нагрузки и наземной станции управления.

1. Бортовой комплекс:

- Интегрированная навигационная система;
- Приемник спутниковой навигационной системы;
- Автопилот. Задачи:

- пилотирование:

- автоматический полет по заданному маршруту, - автоматический взлет и заход на посадку,

- поддержание заданной высоты и скорости полета, стабилизация углов ориентации, - принудительная посадка в случае отказа двигателя или прочих серьезных неполадок.

- программное управление бортовыми системами и полезной нагрузкой: стабилизация видеокамеры и синхронизация по времени и координатам срабатывания затвора фотоаппарата, выпуск парашюта.

- Накопитель полетной информации.

Критерии классификации аэрофотосъемочных БПЛА.

1. Тип конструкции: БПЛА самолетного или вертолетного типа.

2. Способ управления: автоматический или полуавтоматический.

3. БПЛА для аэрофотосъемки в целях картографирования должен иметь на своем борту полноценный автопилот, способный выдерживать параметры съемки (маршрут, углы наклона фотоаппарата, процент продольного и поперечного перекрытия, высоту и т.д.) даже при малой массе аппарата в широком диапазоне метеоусловий.

2. Полезная нагрузка: откалиброванная цифровая автоматическая фотокамера (возможно в качестве дополнения видеокамера, тепловизор и ИК-камера), отсутствие излишней целевой нагрузки, необходимой для военных беспилотников.

3. На сегодняшний день это должны быть модели, летающие на малых высотах (в классе воздушного пространства G с высотой до 4,5 км в ненаселенных территориях, в пределах которого планируется ввести уведомительный порядок полетов для малой и беспилотной авиации). Получение разрешения на полеты в классах A и C пока возможно только военными.

4. Коммерчески доступные – выдержавшие экспериментальные полеты и поступившие в серийное производство.

5. С помощью модели выполнены фотограмметрические проекты, на которые есть ссылки на сайте производителя, либо по материалам проектов выпущены статьи.

Три модели БПЛА отечественного производства, разработанные специально для аэрофотосъемки: ZALA 421-Ф, Птеро-Е4 и Дозор-50. Эти модели удовлетворяют вышеперечисленным признакам и активно применяются на практике. Российские эксплуатанты БПЛА предпочитают закупать отечественные модели, поскольку данная техника требует высокого уровня технической поддержки (тестирование перед покупкой, обучение работе с БПЛА персонала) и оперативного сервиса (ремонт, запасные части). Кроме того, ввоз импортных БПЛА сопряжен с таможенными хлопотами и получением разрешений (техника потенциально может быть использована в военных целях).

Результаты аэрофотосъемки с БПЛА могут применяться в разных областях: различный мониторинг (экологический, сельскохозяйственный) и т.д. Государственные ведомства, функции которых связаны с охраной, контролем и мониторингом объектов, ликвидацией ЧС; предприятия ТЭК, а также фирмы, бизнес которых связан с получением пространственных данных, проявляют интерес к БПЛА.

На практике требуются, например, агрокультурные или сельскохозяйственные дроны – относительно недорогие беспилотные аппараты с продвинутыми датчиками и возможностями визуализации, предоставляющие фермерам новые способы повышения урожайности и снижения ущерба урожаю, выявления закономерностей, связанных с

проблемами орошения и изменением почв, появлением вредителей и грибковых заражений легкие в использовании и оснащенные камерами, для тщательного мониторинга культур, которое может улучшить орошение и снизить количество вредителей, стоимостью менее 1000 долларов.

В этой области работают фирмы: 3D Robotics, Yamaha, Precision Hawk.

В разработке компании 3D Robotics все делает автопилот (созданный компанией), который оборудован специальным программным обеспечением, зачастую с открытым исходным кодом, созданным открытым же сообществом (например, DIY Drones). Он сам взлетает и сам садится, в то время как традиционным радиоуправляемым летательным аппаратам нужен пилот на земле.

В области виноделия можно меньше орошать, использовать меньше пестицидов и производить лучшее вино. «Дроны» означают простую и недорогую летающую платформу с камерой: либо миниатюрный аэроплан, либо квадрокоптер, либо небольшой вертолетик. Эти летательные аппараты оснащены автопилотом, работающим с использованием GPS, и стандартной камерой; программное обеспечение на земле позволяет складывать снимки с воздуха в мозаичную карту с высоким разрешением. Камеры в воздухе могут делать мультиспектральные изображения, снимая в инфракрасном и видимом спектрах. Программное обеспечение планирует путь полета, стараясь покрыть максимум площади виноградников, и управляет камерой, чтобы оптимизировать изображения для последующего анализа. Появление небольших, дешевых и простых в использовании дронов в значительной мере обусловлено появлением замечательных достижений в области технологий: крошечных MEMS-датчиков (акселерометров, гироскопов, магнитометров и датчиков давления), небольших GPS-модулей, мощнейших процессоров и цифрового радио. Все эти компоненты становятся лучше и дешевле, благодаря их использованию в смартфонах.

Выполнение аэрофотосъемки с целью профессионального картографирования предъявляет повышенные требования к выдерживанию геометрических параметров съемки. Небольшие БПЛА экономичны в эксплуатации и портативны, однако менее стабильны с этой точки зрения. Как следствие, блоки снимков, полученные с БПЛА, обладающие отличной детальностью, яркостью и контрастом имеют низкое фотограмметрическое качество.

Широкое применение беспилотников для профессиональной картографической аэрофотосъемки возможно при консолидации усилий как производителей БПЛА так и разработчиков профессионального фотограмметрического программного обеспечения. С одной стороны

должно повышаться качество съемки, с другой стороны программные пакеты должны быть доработаны в сторону снижения требований к входным данным в случае работы со снимками, полученными с БПЛА.

Полет БПЛА, как правило, производится с крейсерской скоростью 70-110 км/ч (20-30 м/с) в диапазоне высот 300-1500 м. Для съемки обычно используются неметрические бытовые камеры с размером матрицы 10-20 мегапикселей. Фокусное расстояние камер обычно составляет около 50 мм (в 35 мм эквиваленте), что соответствует размеру пикселя на местности (GSD) от 7 до 35 см.

При строгой фотограмметрической обработке данных точность получаемых результатов (ортофотомозаики) порядка одного GSD. Для указанных выше значений параметров съемки результаты соответствуют по точности ортофотопланам масштабов от

1:500 до 1:2000 в зависимости от высоты съемки, и необходимо, чтобы снимки в одном маршруте имели тройное перекрытие, а перекрытие между снимками соседних маршрутов при площадной съемке составляло не менее 20%. На практике полет БПЛА неустойчив из-за влияния порывов ветра, турбулентности и других возмущающих факторов. Если съемку с обычных самолетов планируют с перекрытием вдоль маршрута 60%, а между маршрутами 20-30%, то проектировать съемку с БПЛА следует с перекрытием вдоль маршрутов 80%, а между маршрутами – 40%, чтобы исключить разрывы.

На БПЛА, как правило, устанавливаются бытовые цифровые камеры (Canon). Это связано с легкостью электронного управления камерами этой фирмы. Преимущества: невысокая стоимость, легкость замены при «жесткой посадке», недостатки: отсутствие калибровки – неизвестны их точные фокусные расстояния, главная точка, дисторсия (нелинейные искажения оптики), допустимая при бытовой съемке, может составлять до нескольких десятков пикселей, что на порядок снижает точность результатов обработки.

Камеры могут быть откалиброваны в лабораторных условиях, что позволяет получать точности обработки, сопоставимые с профессиональными камерами, но второй недостаток используемых на БПЛА камер - использование щелевого затвора, в результате чего экспозиция разных частей изображения в разные моменты времени и соответствует разным положениям носителя, вызывает дополнительную систематическую ошибку. Такие ошибки накапливаются в процессе фотограмметрического сгущения (уравнивании) при съемке протяженных территорий.

Для того, чтобы уменьшить влияние этого эффекта и для ликвидации «смаза» снимков, следует осуществлять съемку с БПЛА с наименьшими

возможными выдержками (не длиннее 1/250 с, максимальная выдержка зависит от высоты).

Снимки цифровых камер имеют прямоугольную форму. «Выгоднее» располагать камеру так, чтобы длинная сторона снимка располагалась поперек полета – это позволяет снимать большую площадь при той же длине маршрута. Съемку следует производить с максимальным качеством – с наименьшим jpg сжатием или в RAW, если последнее возможно. Современный уровень развития навигационных средств позволяет производить измерения элементов внешнего ориентирования (ЭВО) непосредственно в процессе съемки. Точности таких измерений достигают единиц сантиметров по пространственным координатам X, Y и Z и 0.005 градуса по углам крена, тангажа и рысканья для самых точных систем Arplanix POS AV, устанавливаемых на «большие самолеты». Часто этого достаточно, чтобы производить обработку без использования опорных точек. Наличие таких данных значительно упрощает обработку и позволяет выполнять некоторые этапы обработки полностью в автоматическом режиме.

Современные достижения микроэлектроники позволяют собрать механический (точнее MEMS – электронно-механический) гироскоп в корпусе размером в несколько мм, стоимостью от 250 \$. Такие гироскопы не дают точность профессиональных, имеют значительный уход (порядка одного градуса за час) при эксплуатации, но существенно упрощают последующую обработку данных. При типовых поставках Птеро Е4, Дозор 50 на борт могут быть установлены такие малогабаритные инерциальные системы - IMU (на Дозор-50 ставится IMU разработки ООО «Транзас Телематика») и высокоточные двухдиапазонные GPS (TOPCON euro 160 на Птеро-Е4, встроенный ГЛОНАСС/GPS приемник на Дозор-50). Паспортная точность этих GPS приборов составляет $10 \text{ мм} + 1,5 \text{ мм} * B$ (B – удаление до базовой станции в км) в плане и $20 \text{ мм} + 1,5 \text{ мм} * B$ по высоте. (Обычно их не устанавливают). Данные о центрах проекции снимков в телеметрической информации снимаются через протокол NMEA и имеют в таком случае точность до 20-30 м, а углы тангажа, крена и рысканья вычисляются через вектор скорости GPS измерений.

Точность угла рысканья в такой телеметрической информации невысокая и может превышать 10 градусов, а сами значения содержат систематические ошибки, что усложняет последующую обработку данных.

Если нет точных центров проекции, требования к планово-высотному обоснованию стандартные: одна планово-высотная точка на 6-10 базисов съемки.

Решение проблем, возникающих при фотограмметрической обработке данных с БПЛА, рекомендации по используемым камерам и

средствам позиционирования, особенностям обработки этих данных для получения конечных продуктов картографического качества предложены в ЦФС РНОТОМОД.

Сначала в ЦФС создается проект, в него вводятся снимки и телеметрическая информация. На основании данных о центрах проекции и углах производится создание накладного монтажа, разбивка по маршрутам. Снимки, попавшие на развороты БПЛА, удаляются в ручном режиме. Неточные угловые элементы внешнего ориентирования приводят к достаточно грубому накладному монтажу

Автоматический поиск связующих точек в таких случаях затруднен или требует значительного времени работы компьютера. Для уточнения накладного монтажа в таких случаях в РНОТОМОД используется т.н. «автоматический накладной монтаж», который уточняет взаимное расположение снимков.

Результат нестабильности полета летательного аппарата, приводит к очень большим перекрытиям между соседними снимками, что вызывает сложности в стандартных фотограмметрических пакетах (возможно «перепутывание» снимков при маленьком базисе съемки).

Разные углы и высоты съемки соседних кадров приводят к увеличению области поиска связующих точек и увеличению числа грубых ошибок по сравнению со стандартными аэрозолетами.

После создания уточненного накладного монтажа выполняется процедура автоматического измерения связующих точек. На первых проходах накладной монтаж опять уточняется, на следующих проходах производится доизмерение связующих точек. Несколько проходов необходимы в случае, когда телеметрическая информация не содержит всех углов ориентирования, или углы известны с точностью 10-30 градусов. Если же телеметрическая информация содержит угловые элементы ориентирования с точностью в несколько единиц градуса, то достаточно и одного прохода.

После измерения связующих и опорных точек производится процедура уравнивания. (Начиная с версии 5.2 уравнивание в 3D). Далее производится построение рельефа (ЦМР) в автоматическом режиме. При необходимости, после уравнивания может быть сделана стереовекторизация – отрисовка в ручном режиме зданий, сооружений, мостов, дамб и других объектов. Построенный рельеф используется для ортотрансформирования снимков. На последнем этапе из ортотрансформированных снимков создается бесшовная мозаика, выравнивание яркостей, стыковка контурных объектов. При использовании камер с щелевым затвором можно дополнительно включить расчет аффинных искажений. В случае стабильности углов

ориентирования при съемке такая самокалибровка может повысить точность уравнивания.

Если используется некалиброванная камера и отсутствуют опорные точки, то точность - несколько десятков метров, которая будет определяться точностью GPS центров проекций и дисторсией объектива (до нескольких десятков пикселей).

С 2013 года эксплуатируется новый модуль программного комплекса INPHO UASMasterx по обработке аэрофотосъемки с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) [3] (Германия), а также возможности и функциональные особенности других модулей последней версии программного продукта INPHO 5.6.3: ApplicationsMaster, MATCH AT, inBLOCK и DTMaster (2013 г.). Важной особенностью модуля является возможность работы в полностью автоматическом режиме «черного ящика» либо максимально контролировать параметры всех этапов обработки и выполнять интерактивное редактирование. Также немало важной особенностью новой версии является поддержка русифицированного интерфейса.

INPHO UASMaster используется для создания проекта, выполнения фототриангуляции, калибровки камеры, создания плотного цветного облака точек, создания бесшовной ортомозаики, интерактивного контроля и редактирования полученных результатов автоматической обработки. Программное обеспечение **INPHO** предназначено для обработки наиболее сложных фотограмметрических проектов с размером блока 20 000 и более изображений. Для обработки большого массива данных разработан специальный программный продукт (DPMaster), который является удобным инструментом для осуществления параллельной обработки данных.

DPMaster доступен для выполнения ортотрансформирования снимков (в модуле OrthoMaster) и автоматического извлечения цифровых моделей рельефа (в модуле MATCH-T DSM). Кроме того, компания предлагает инновационные программные решения для обработки цифровых моделей рельефа, включая передовые технологии фильтрации и редактирования данных воздушного лазерного сканирования (LIDAR), а также для обработки данных с беспилотных летательных аппаратов. Каждый модуль ПО **INPHO** является самостоятельным программным решением, которое легко встраивается в существующий рабочий процесс. Ядром **INPHO** является ApplicationsMaster, представляющий собой менеджер проекта.

Еще один программный продукт - компании AgiSoft, которая является разработчиком программного обеспечения для обработки данных

аэрофотосъемки с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) Agisoft PhotoScan.

Инновационная компания AgiSoft, созданная в 2006 г., специализируется на разработке программных решений для автоматического 3D-моделирования и картографирования, основанных на технологиях компьютерной визуализации информации. Офис компании расположен в Санкт-Петербурге.

Программный продукт Agisoft PhotoScan выпускается в двух версиях: Standard и Professional (Pro).

Версия **Agisoft PhotoScan Standard** позволяет автоматически создавать высококачественные 3D-модели объектов на основе цифровых фотографий. Программа дает возможность делать высокоточное выравнивание фотоизображений, причем для этого не нужно никаких специальных условий для съемки.

Набор функций Agisoft PhotoScan Standard:

- выравнивание фотоизображений;
- построение геометрии модели;
- построение текстуры модели.

Версия **Agisoft PhotoScan Pro** позволяет создавать геопривязанные ортофотопланы высокого разрешения и цифровые модели местности высокого качества/структурированные модели. Благодаря полностью автоматизированному процессу работы с данными, даже неспециалист может обрабатывать тысячи аэроснимков на своем персональном компьютере и создавать профессиональные фотограмметрические проекты.

Набор функций Agisoft PhotoScan Pro:

- выравнивание фотоизображений;
- аэрофототриангуляция;
- построение геометрии / текстуры модели;
- задание системы координат;
- создание геопривязанной цифровой модели рельефа (ЦМР);
- создание геопривязанных ортофотопланов.

Для отработки вопросов метрологического обеспечения МИИГАиК – создал специализированный исследовательский полигон. Этот полигон, площадью около 50 кв. км, в Заокском районе Тульской области, на базе учебного геополигона МИИГАиК, расположенного в 110 км от Москвы. На этой территории расположены разнообразные населенные пункты: поселок городского типа, деревни, дачные и коттеджные поселки; дорожная сеть в виде железных, шоссейных, проселочных и полевых дорог; линии электропередачи различного напряжения; трубопроводы. На территории полигона имеются лесные массивы, различные

гидрографические объекты, многообразные формы рельефа, сельскохозяйственные угодья и производственные объекты.

С целью обеспечения отработки и исследования технологий, основанных на применении БПЛА, на территории полигона созданы высокоточной сети планово-высотных опознаков (в виде естественных контуров местности и маркировочных знаков);

- ведется топографическая наземная съемка характерных участков местности в масштабе 1: 500 и 1: 2000.

На эту же территорию по материалам аэрофотосъемки и космическим снимкам высокого разрешения созданы ортофотопланы и цифровые модели местности..

Для оценки изобразительных свойств снимков, полученных с помощью БПЛА, на полигоне развернуты радиальные миры.

Итак, данные с БПЛА позволяют получать качественные картографические материалы при следующих условиях:

- выполнении определенных (вполне посильных) требований к съемочной аппаратуре и процессу съемки (гарантия достаточности перекрытий);

- строгой фотограмметрической обработке;

- использовании на БПЛА калиброванных камер;

- производстве съемки с выдержкой не длиннее 1/250с;

- использовать объективы с фиксированным фокусным расстоянием

- проектировать съемку с увеличенными перекрытиями (80% вдоль, 40% поперек маршрута);

- использовать камеры с центральным затвором;

- использовать двухдиапазонные GPS приемники на борту и дифференциальный режим измерений;

- использовать на борту IMU.

БПЛА, которые можно использовать для аэрофотосъемки - БПЛА "Серафим" выполнен по схеме "шестикоптер", (ZALA AERO) Вес аппарата 1,2 кг, его запуск осуществляется с руки. Питание – электрическое, заряда аккумулятора хватает на 15-30 мин. Полета (рис.1).

. На кафедре фотограмметрии МИИГАиК ООО «АФМ.Серверс» были проанализированы материалы аэрофотосъемки, полученные с помощью беспилотного летательного аппарата «ПтероD», для оценки качества аэросъемочных работ и фотограмметрической обработки. Аэрофотосъемка была выполнена с высоты фотографирования 920 метров над средней плоскостью снимаемой местности цифровой фотокамерой Canon EOS 5D Mark II с объективом 50 мм и 22 Мрiх матрицей.

С целью оценки качества материалов в системе «PHOTOMOD» была построена сеть блочной фототриангуляции, включая два маршрута по 6 снимков с продольным перекрытием 60% и межмаршрутным перекрытием 40%. Цифровая камера была подвергнута фотограмметрической калибровке для определения элементов внутреннего ориентирования фотокамеры и параметров фотограмметрической дисторсии объектива. В качестве опорных точек использовались 14 точек, координаты которых X и Y были сняты с ортофотоплана масштаба 1:1000, высоты Z определялись по цифровой модели рельефа местности, построенной по материалам воздушного лазерного сканирования, выполненного с точностью около 20-30 см.

Вывод: колебания высот точек не превышает 2 м, угловых элементов внешнего ориентирования – 0.5 градуса. Среднеквадратичная ошибка определения координат по X, Y, Z составили соответственно 0.06 м, 0.06 м и 0.15 м. Среднеквадратичные погрешности определения координат по X, Y, Z, вычисленные по расхождениям на опорных точках, составили соответственно 0.20 м, 0.21 м и 0.5 м.

То есть результаты проведенных исследований свидетельствуют о достаточно высоком качестве аэросъемочных материалов БПЛА «ПТЕРО» и о возможности использования съемочного комплекса для топографического картирования различных масштабов, в том числе крупных.



Рис. 1. БПЛА "Серафим" выполнен по схеме "шестикоптер" (ZALA AERO)

Оптика «Серафима» способна различить нужный автомобиль на расстоянии до 500 м. Аппарат управляется на расстоянии до 5 км от автомобиля с аппаратурой.

Классический вертолет, - «Горизонт Эйр S-100» производства ОАО «Горизонт» (Ростов-на-Дону). (Samcopter S-100, Австрия) Взлетный вес – до 200 кг

В состав аппаратуры входят дневные/ночные видеокамеры на гиросtabilизированной платформе, датчик с синтезированной апертурой, лазерный сканер, мультиспектральный поисковый прибор, радиолокатор обнаружения наземных целей. Главный транспортный отсек беспилотника рассчитан на 50 кг полезной нагрузки. Минимальная длительность полета – 6 часов. Дальность передачи данных с БПЛА S-100 – 180 км. Крейсерская скорость – 100 км/ч, максимальная – 220 км/ч.

БПЛА «Сокол» самолетного типа, выполненный по схеме «биплан», может нести до 2,5 кг полезной нагрузки при взлетном весе. В состав оборудования входит дневная камера или тепловизор и цифровая аналоговая линия связи. Дальность полета в пределах прямой видимости – 50 км, продолжительность полета – 4 ч, потолок – 4000 м, крейсерская скорость – 70 км/ч.

В настоящее время инженерно-технологический центр СканЭкс, занимающийся приемом и распространением космических снимков различных систем, предлагает для аэрокартографии данные съемки с беспилотных автоматических комплексов Геоскан101, Геоскан200, Геоскан401 (таблица 2), предназначенных для создания высокоточных и высокодетальных карт, в том числе 3D-карт.:

Т а б л и ц а 2

Характеристики БПЛА Геоскан

Характеристики	Геоскан 101	Геоскан 200	Геоскан 401
Тип летательного аппарата	самолет	самолет	коптер
Двигатель	электрический	электрический	электрический
Старт	катапульта	Катапульта	
Посадка	парашют	парашют	
Взлетный вес	2.5 кг	5.5 кг	6.5 кг
Продолжительн. полета	1 час	2.5 часа	1 час
Мин./макс. горизонт. скор.	54 – 108 км/ч	64 – 130 км/ч	0 – 60 км/ч
Макс. вертикал. скорость	3 м/с	3 м/с	5 м/с
Высота полета	100 – 3000 м	100 – 45000 м	300 – 500 м
Рабочая высота полета	120 – 200 м	120 – 800 м	30 – 150 м
Фотоаппарат	Sony RX1	Sony RX1	Sony RX1
Геодезический приемник	2-частотный	2-частотный	2-частотный
Опции	Тепловизор 640x480 и мультиспектральная	Тепловизор 640x480 и мультиспектральная	Тепловизор 640x480 и мультиспектральная

По результатам аэрофотосъемки формируются следующие продукты:

- Ортофотоплан: единый файл или мозаика с иерархией масштабов в формате GTF.
- Цифровая модель поверхности (ЦМП): единый файл или мозаика с иерархией масштабов, включает здания и растительность, форматы - GTF или KMZ.
- Обработанная ЦМП: единый файл или мозаика с иерархией масштабов, отдельные здания и отдельно стоящая растительность удалены, форматы - GTF или KMZ.

3D-модель: текстурированная геопривязанная модель местности, форматы – OBJ, 3DS, VRML, DXF, COLLADA, PDF

На Международном конгрессе беспилотных систем и роботов, прошедшем в октябре 2013 в Израиле и собравшем тысячи военных и специалистов со всего мира, общим было мнение: еще рано говорить о конце пилотируемой авиации, но будущее за беспилотными самолетами. Представленные образцы, в основном предназначены для военного применения, но, как показывает опыт, со временем эта техника находит применение для гражданских нужд.

По данным Стокгольмского международного института исследования проблем мира, Израиль является монополистом на мировом рынке беспилотной авиации — израильские авиастроительные компании осуществили 41% продаж дронов на мировом рынке (более чем в пятьдесят стран). Идет настоящая «гонка дронов», в которой участвуют сегодня 76 стран. По мнению израильских экспертов, объем мирового рынка БПЛА, составлявший в 2009 году всего \$5,1 млрд, уже в 2020 году вырастет до \$50 млрд.

Список летательных аппаратов различного назначения весьма разнообразен - от крошечных, весом в 300 грамм дронов Ghost, способных запускаться с руки и стоящих на вооружении разведки и пехотных рот, до крупнейшего в мире беспилотника «Эйтан», чей размах крыльев достигает 35 метров, а вес 4 тонн. «Эйтан» оборудован системами спутниковой навигации, аппаратурой слежения и обнаружения целей в оптическом, инфракрасном и радиодиапазонах, средствами управления огнем и ударными комплексами. При крейсерской скорости 296 км/ч (максимальная — 460 км/ч) он может теоретически пролететь 14,8 тысяч км. Масса полезной нагрузки «Эйтана» в зависимости от дальности полета сможет достигать 1,8 тонны. Малые дроны «Skylark» и «Seagull» предназначены для выполнения задач на уровне взвода — роты, оба дрона имеют радиус действия 5-10 км и их можно запускать с руки. На них может быть установлена видеокамера и инфракрасные датчики обзора.

«Skylark» может находиться в воздухе более двух часов, «Seagull» — более шести часов. Все большее число дронов разрабатывается двойного — военного и гражданского назначения. Еще одной разработкой IAI является беспилотный самолет, работающий на солнечной энергии.

В ближайшей перспективе будет расти применение БПЛА в гражданских отраслях - на очереди приход беспилотных самолетов не только в военную, но и гражданскую сферу, что потребует дальнейшего совершенствования автоматизации систем управления аэросъемкой и ГИС-технологий при решении задач природопользования.

Библиографический список

1. Зинченко, О.Н. Беспилотный летательный аппарат: применение в целях аэрофотосъемки для картографирования (часть 1). Москва, «Ракурс», Россия, 2011.

2. Курков В.М., Смирнов А.В., Иноземцев Д.П. Опыт использования БЛА при проведении практики студентов на «Заокском геополигоне» МИИГАиК. Геопрофи, № 4, 2014. С. 55-61.

3. Новаковский Б.А., Пермяков Р.В. Цифровая наземная стереосъемка: возможности и перспективы. Геодезия и картография, № 106 2014. С. 37-41.

4. Пермяков Р.В. Применение геоинформационных технологий для решения географо-картографических задач (по материалам дистанционного зондирования). Геоинформатика, №3, 2014. С.10-17.

5. Сечин А.Ю., Дракин М.А., Киселева А.С., Беспилотный летательный аппарат: применение в целях аэрофотосъемки для картографирования (часть 2). Москва, «Ракурс», Россия, 2011.

6. <http://www.inosmi.ru/world>

7. <http://www.modernarmy.ru>

8. [http:// www.uav.ru](http://www.uav.ru)

9. [http:// www.scanex.ru](http://www.scanex.ru)

ОГЛАВЛЕНИЕ

А. М. Заяц, А. В. Ульянов, Л. А. Яловка Информационный киоск кафедры ИСИТ	3
Амбросовский В. М., Хабаров С. П., Корнев А. С. Адаптивный фильтр Калмана к внешним возмущениям	5
Н. П. Васильев Реализация алгоритма Форчуна расчета диаграммы Вороного на php.....	10
И. В. Ганичев, С. В. Киселева, В. В. Горбач Визуализация стратегий квантования и восстановление исходного сигнала	17
А. М. Заяц, Л. Г. Пушкарева, Л. А. Яловка Информационно – справочное web – приложение в инфраструктуре проектирования лесных питомников	21
А. М. Заяц, А. А. Логачёв, З. Н. Андреева Определение мер по предупреждению лесных пожаров с использованием математических методов при неполной исходной информации	29
А. М. Заяц, А. А. Логачёв, З. Н. Андреева, Д. М. Моисеев Оперативное определение возможного ущерба нанесенного лесным пожаром	35
Н. В. Лушкин, М. Копейкин Способ определения качества лесных объектов по графическим изображениям	42
И. А. Обухова, Р. М. Яковлев Расчеты по космическим лучам и оценка радиационной опасности у земли и в космосе	46
С. П. Хабаров Архитектура современных настольных ПК на базе процессоров amd.....	54
М. А. Шубина Использование беспилотных летательных аппаратов для аэрофотосъемки в целях картографирования наземных объектов	64

Научное издание

Отв. редактор
Зяц Анатолий Моисеевич

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ
СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ:
ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА**

Сборник научных трудов

Выпуск 7

Отпечатано в авторской редакции с готового оригинал-макета

Подписано в печать с оригинал-макета 23.06.15.
Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Печать трафаретная.
Уч.-изд. л. 5,0. Печ. л. 5,0. Тираж 100 экз. Заказ № 123. С 38.

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
Издательско-полиграфический отдел СПбГЛТУ
194021, Санкт-Петербург, Институтский пер., 3.