

ISSN 2310-0370



nauchforum.ru

НаучФорум

Оставь свой след в науке



XIV Студенческая международная
заочная научно-практическая
конференция

**МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ:
ТЕХНИЧЕСКИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

№ 7 (14)

г. МОСКВА, 2014



nauchforum.ru
НаучФорум
Оставь свой след в науке

МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ: ТЕХНИЧЕСКИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

*Электронный сборник статей по материалам XIV студенческой
международной заочной научно-практической конференции*

№ 7 (14)
Июль 2014 г.

Издается с марта 2013 года

Москва
2014

УДК 62+51
ББК 30+22.1
М 75

Председатель редколлегии:

Лебедева Надежда Анатольевна — д-р философии в области культурологии, профессор философии Международной кадровой академии, г. Киев.

Редакционная коллегия:

Волков Владимир Петрович — канд. мед. наук, рецензент НП «СибАК»;

Гукалова Ирина Владимировна — д-р геогр. наук, ведущий научный сотрудник Института географии НАН Украины, доц. кафедры экономической и социальной географии Киевского национального университета им. Т. Шевченко;

Елисеев Дмитрий Викторович — канд. техн. наук, доцент, бизнес-консультант Академии менеджмента и рынка, ведущий консультант по стратегии и бизнес-процессам, «Консалтинговая фирма «Партнеры и Боровков»;

Карпенко Татьяна Михайловна — канд. филос. наук, ст. преподаватель кафедры философии и социологии исторического факультета Сумского государственного педагогического университета им. А.С. Макаренко.

М 75 Молодежный научный форум: Технические и математические науки.

Электронный сборник статей по материалам XIV студенческой международной заочной научно-практической конференции. — Москва: Изд. «МЦНО». — 2014. — № 7 (14) / [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [http://www.nauchforum.ru/archive/MNF_tech/7\(14\).pdf](http://www.nauchforum.ru/archive/MNF_tech/7(14).pdf)

Электронный сборник статей XIV студенческой международной заочной научно-практической конференции «Молодежный научный форум: Технические и математические науки» отражает результаты научных исследований, проведенных представителями различных школ и направлений современной науки.

Данное издание будет полезно магистрам, студентам, исследователям и всем интересующимся актуальным состоянием и тенденциями развития современной науки.

ББК 30+22.1

Оглавление

Секция 1. Информационные технологии	4
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ МЕЛАНОМЫ ПО ДЕРМАТОЛОГИЧЕСКИМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ НОВООБРАЗОВАНИЙ КОЖИ Лозовский Владислав Эдуардович Баркалин Вячеслав Владимирович	4
Секция 2. Нанотехнологии	13
ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА МОРФОЛОГИЮ ЧАСТИЦ ПОРОШКА Al ₂ O ₃ Чащин Вадим Олегович Калатур Екатерина Сергеевна	13
Секция 3. Телекоммуникации	18
АНАЛИЗ ПОВЕДЕНИЯ СТАЦИОНАРНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СМО С БОЛЬШИМ ОБЪЕМОМ БУФЕРА Бойченко Станислав Борисович Пилипенко Андрей Юрьевич	18
Секция 4. Электротехника	26
НОВЫЙ ПОДХОД К ПРОБЛЕМЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО РАЗГОНА ОБЪЕКТОВ Степанов Андрей Александрович Ким Константин Константинович	26

СЕКЦИЯ 1.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ МЕЛАНОМЫ ПО ДЕРМАТОЛОГИЧЕСКИМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ НОВООБРАЗОВАНИЙ КОЖИ

Лозовский Владислав Эдуардович

*студент Белорусского национального технического университета,
Республика Беларусь, г. Минск*

Баркалин Вячеслав Владимирович

*научный руководитель, доц.
Белорусского национального технического университета,
Республика Беларусь, г. Минск*

Проблема ранней диагностики меланомы кожи приобретает все большее значение в связи с ростом этого заболевания по всему миру. На долю меланомы кожи (МК), которая на сегодняшний день остаётся главной причиной смерти больных в онкодерматологии, приходится 3—5 % от всех первичных злокачественных опухолей кожи. Пигментные и пигментированные образования, под маской которых может скрываться меланома, встречаются у 90 % населения. Ежегодный прирост заболеваемости МК по данным [1] составляет 3—7 %, а летальность больных в течение первого года после установления диагноза достигает 15 %.

В связи с недостаточным количеством специалистов-онкодерматологов, ранняя диагностика меланомы кожи должна проводиться в неспециализированных учреждениях типа районных поликлиник средним медицинским персоналом, что возможно только на базе компьютерных систем диагностики с встроенными алгоритмами, основанными на технологии экспертных систем, содержащих постоянно обновляющиеся базы знаний и оценок высококвалифицированных специалистов.

На консенсусной конференции по дерматоскопии в 2001 г. [2] было выделено три основных признака, отличающих меланому от других доброкачественных пигментных образований кожи: 1) асимметрия пигментации и строения; 2) наличие бело-голубых структур; 3) атипичная пигментная сеть. Эти признаки достаточно просто могут быть определены методами компьютерного анализа изображений.

Первым признаком при трёхмерном шкалировании является асимметрия новообразования. Для определения наличия асимметрии необходимо выделить его границу. Необходимым этапом анализа изображений является предобработка, которая заключается в переводе исходного изображения (рис. 1а) из цветного трёхканального представления RGB в чёрно-белое (рис. 1б) согласно выражению (1),

$$I = 0.298 \cdot R + 0.5870 \cdot G + 0.1140 \cdot B \quad (1)$$

где: I — интенсивность пикселя в чёрно-белом представлении;

R , G , B — интенсивности пикселя в красном, зелёном, синем каналах, соответственно

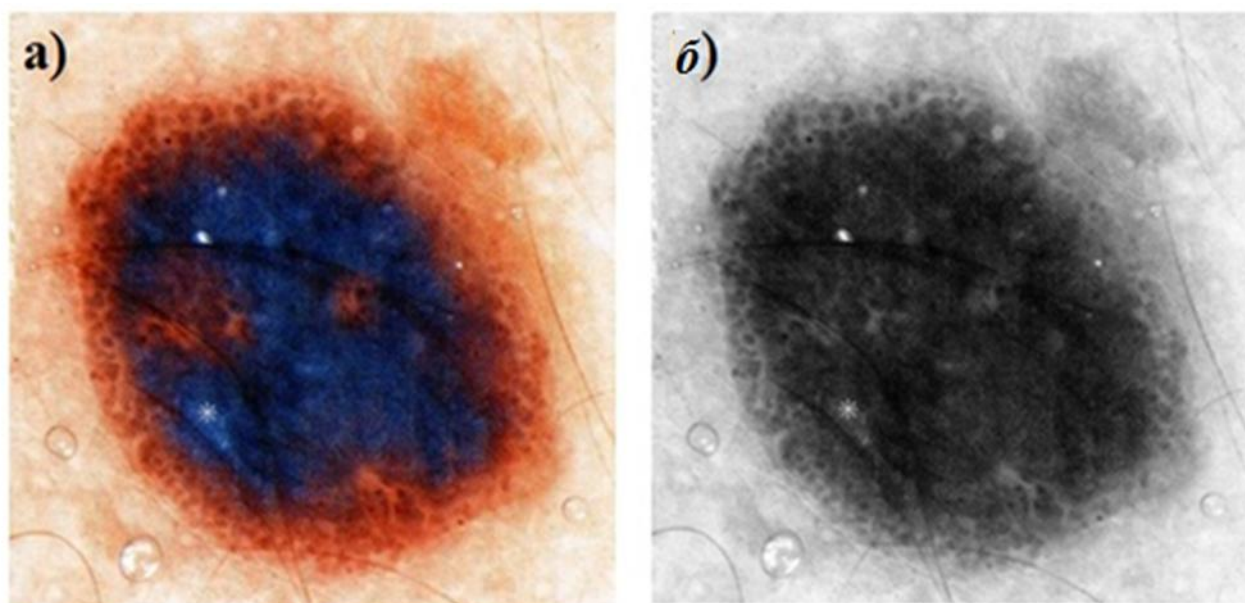


Рисунок 1. а) Исходное изображение, б) результат конвертации

Дальнейшим шагом является выделение перепадов яркости, характерных для границы между новообразованием и окружающей кожей. Используя лапласиан гауссиана (2),

$$h_{n_1, n_2} = \frac{(n_1^2 + n_2^2 - 2 \cdot \sigma^2) \cdot h_g(n_1, n_2)}{2 \cdot \pi \cdot \sigma^6 \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot h_g(n_1, n_2)} \quad (2)$$

где: n_1, n_2 — размеры сканирующей маски; σ — стандартное отклонение распределения Гаусса; h_g — коэффициент, вычисляемый по выражению (3),

$$h_g(n_1, n_2) = e^{\frac{-(n_1^2 + n_2^2)}{2 \cdot \sigma^2}} \quad (3)$$

и некоторые операции бинарной морфологии, мы получили границу новообразования, представленную на рис. 2.

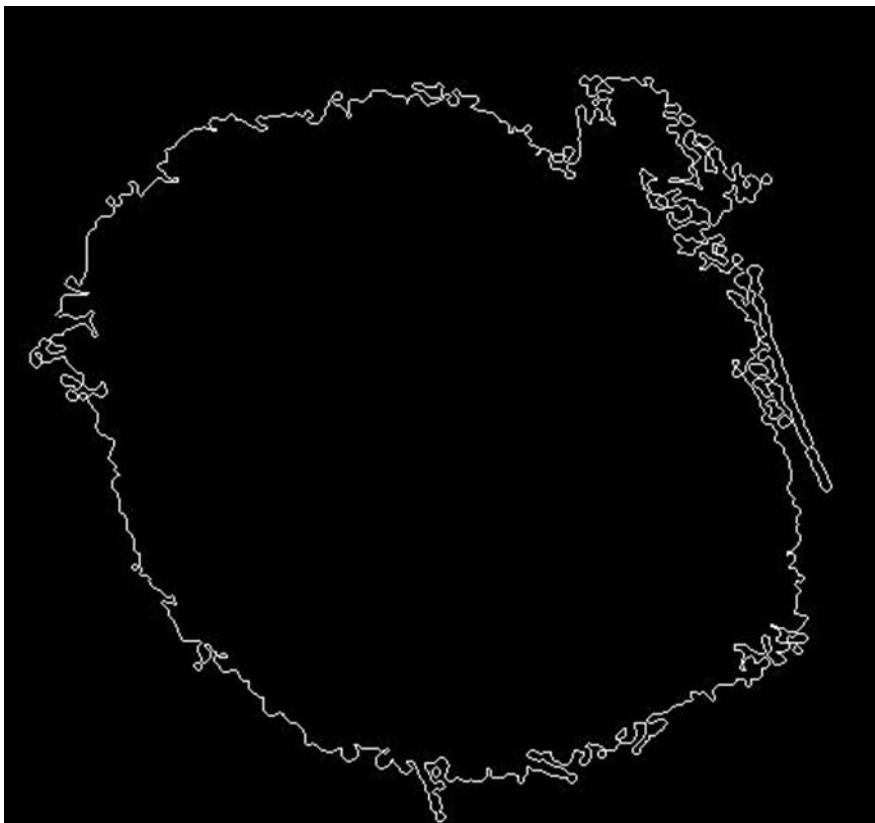


Рисунок 2. Граница новообразования

Для вычисления асимметрии был использован подход на основе анализа круговой развёртки изображения относительно «центра масс», координаты которого вычисляются согласно выражениям

$$x_c = \frac{1}{N} \cdot \sum p(x,y) x \quad (4)$$

$$y_c = \frac{1}{N} \cdot \sum p(x,y) y \quad (5)$$

(N — общее число пикселей в объекте).

Далее с необходимым шагом угла определяем попавшие в близкий к лучу сектор пиксели и вычисляем расстояние от центра масс до ближайшего и наиболее удалённого пикселя в секторе рис. 3. После, используя значения расстояний, строим развёртку и подвергаем её дальнейшему анализу, акцентируя внимание на степень изменения значений расстояний и плавность изменения рис. 4.

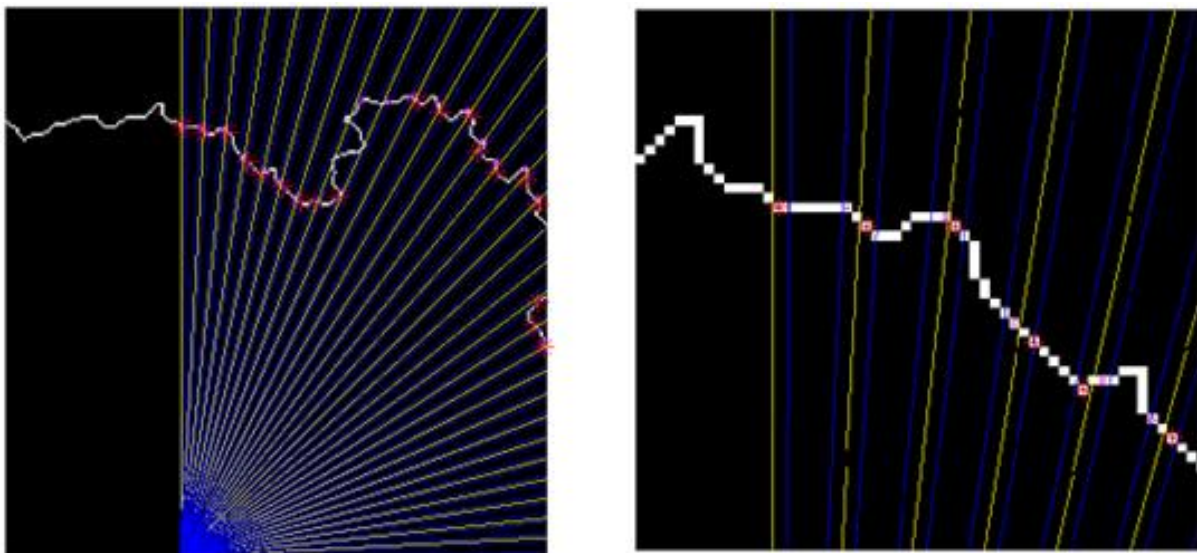


Рисунок 3. Ближайшие и наиболее удалённые пиксели границы

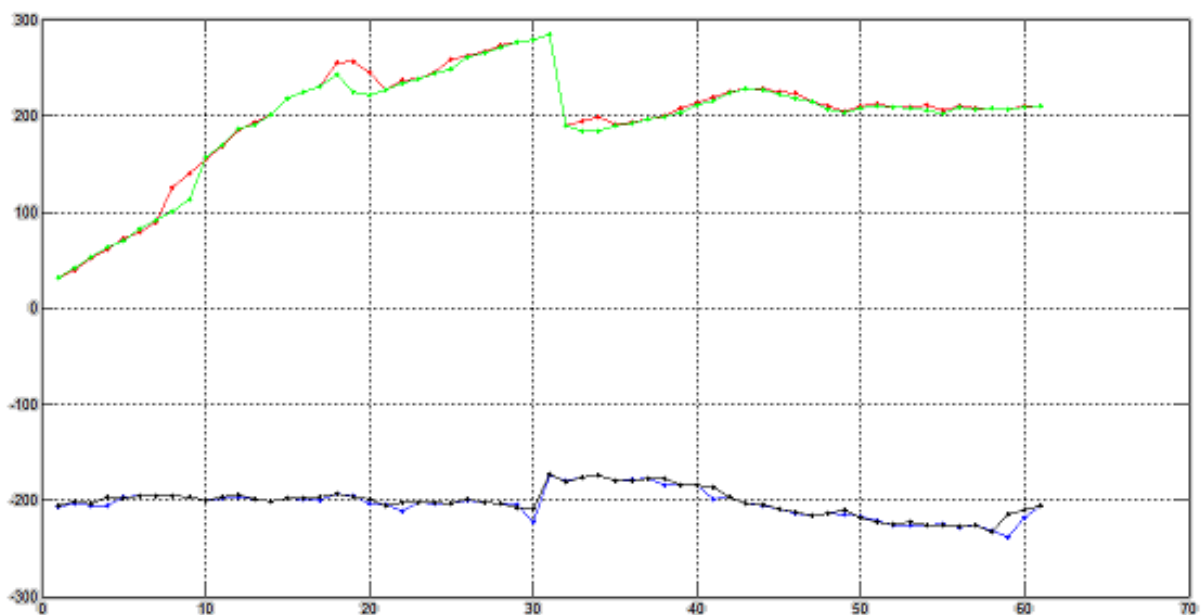


Рисунок 4. Зависимость расстояния до крайних пикселей от угла

Вторым признаком является наличие на изображении бело-голубых структур. На первом этапе из проанализированных и размеченных врачами-дерматологами фотографий было сгенерировано два контрольных изображения, используя явно выраженные доброкачественные участки рис. 5а и участки бело-голубых структур рис. 5б.

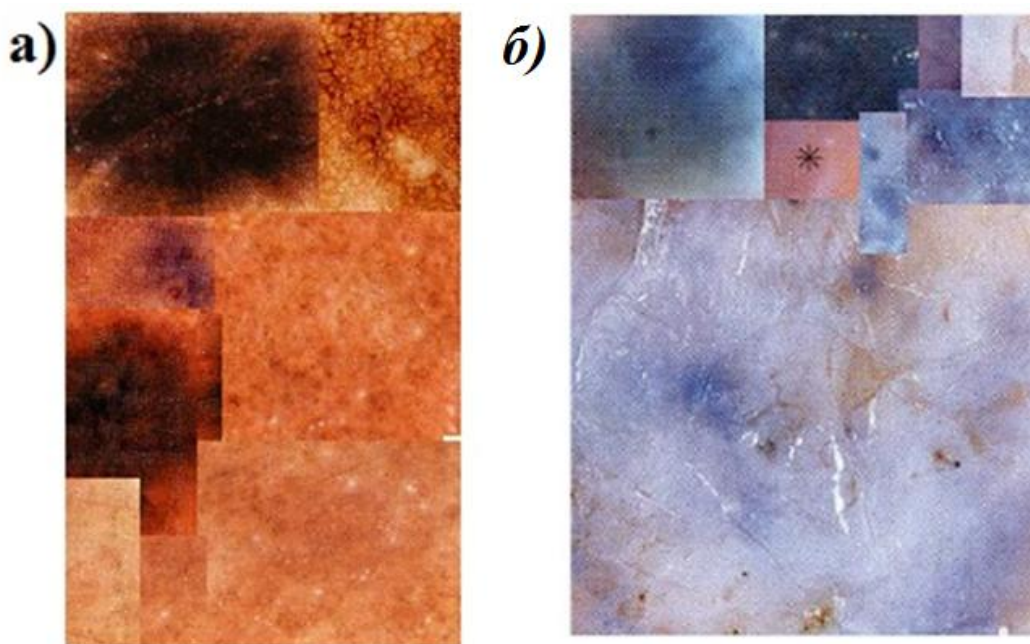


Рисунок 5. Контрольные изображения для доброкачественных участков а) и участков с бело-голубыми структурами б)

Далее эти изображения конвертируем из цветовой системы RGB в систему HSV в виду того, что данная система имеют более удобное представление о цветности. Используя значения H-, S-, V — компонент как значения координат в трёхмерном пространстве, были построены две поверхности для контрольных изображений (рис. 6).

Из рис.6 видно, что эти области хорошо разделимы, и, при необходимости, может быть проведена кластеризация преобразованных пикселей.

Далее пиксели изображения, подвергаемого диагностике, конвертируются в HSV тем же образом. Все пиксели аналогично выстраиваем в пространстве в соответствии со значениями их H-, S-, V — компонент. Анализируем координаты и при условии попадания значительного числа пикселей в область бело-голубых структур диагноз по этому признаку устанавливается.

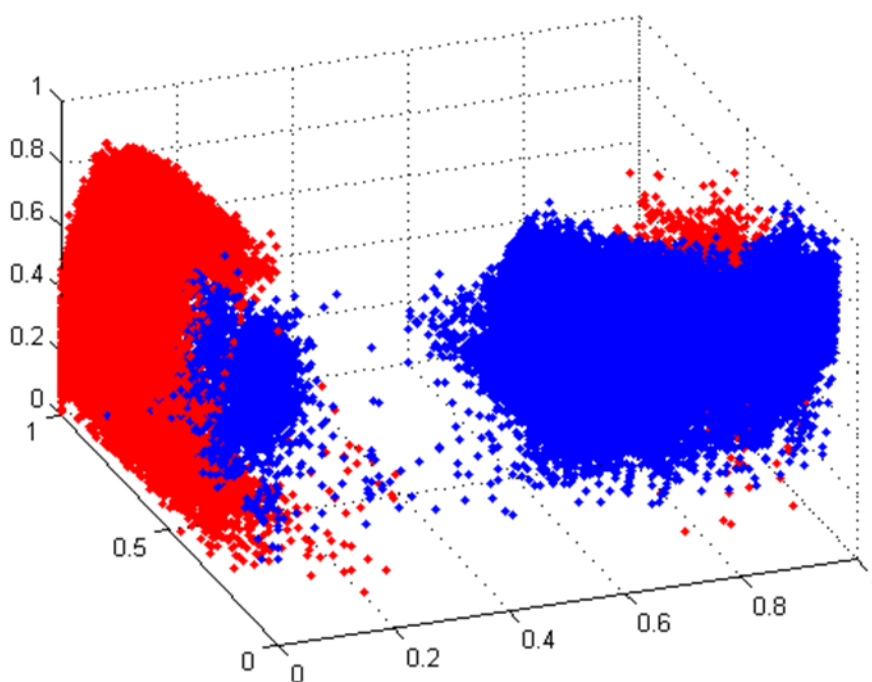


Рисунок 6. Трёхмерные области для доброкачественных участков а) и участков с бело-голубыми структурами б)

Заключительным признаком при трёхмерном шкалировании меланомы является атипичная пигментная сеть [3]. Различают типичную пигментную сеть, которая характеризуется от светло- до тёмно-коричневым цветом

с малыми равномерно расположенными отверстиями в сети и тонкими линиями. Под атипичной пигментной сетью понимают сеть чёрного, коричневого или серого цвета с нерегулярными отверстиями и тонкими линиями.

Первым этапом для выявления наличия пигментной сети является выделение краёв новообразования. Для этого исходное изображение (рис. 7а) подвергается фильтрации с использованием лапласиана гауссиана, согласно выражению (2). Дальнейший анализ отклика фильтра (рис. 7б) производится с целью отделения незамкнутых областей, которыми могут являться шумы либо незамкнутые граничные участки ячеек сети вблизи периферии пигментной сети новообразования.

Анализируя хроматические особенности выделенных замкнутых областей, отсеиваем те ячейки сети, яркости которых не лежат в удовлетворяющем нас диапазоне.

Нижняя граница диапазона необходима для того, чтобы исключить из анализа точки и глобулы, имеющие коричневый, черный, коричневатый или голубо-черный цвета. Верхняя — для исключения влияния бликов, образуемых при иммерсионном методе дерматоскопии. Результатом исключения является набор замкнутых областей, соответствующий ячейкам пигментной сети (рис. 7в).

Дальнейшим этапом следует классификация отдельных ячеек от пигментной сети. Для этого определяем плотность расположения ячеек следующим образом: полученные элементы используем как вершины графа и анализируем степень их взаимосвязи по выражению

$$P = \frac{R}{V * \log(S)} \quad (6)$$

где: P — плотность сети;

R — количество рёбер в графе;

V — количество вершин (количество элементов после фильтрации);

S — размер новообразования в пикселях. При этом рёбра считаются связанными, если расстояние между вершинами графа не превышает утроенного среднего диаметра выделенных ячеек. Таким образом, выделенные ячейки, при условии их близкого взаимного расположения и достаточном их количестве на поверхности новообразования, объединяются в единую сеть (рис. 7г).

После определения наличия пигментной сети на новообразовании проводится ее классификация на атипичную и типичную сети.

Работа финансировалась грантом 1S-139 по проекту LLB 2-242 “Improvement of the health service by means of IT technology in dermal and lungs cancer diagnostics” программы Трансграничного сотрудничества Латвия-Литва-Беларусь (Европейский инструмент добрососедства и партнерства 2007—2013 гг.).

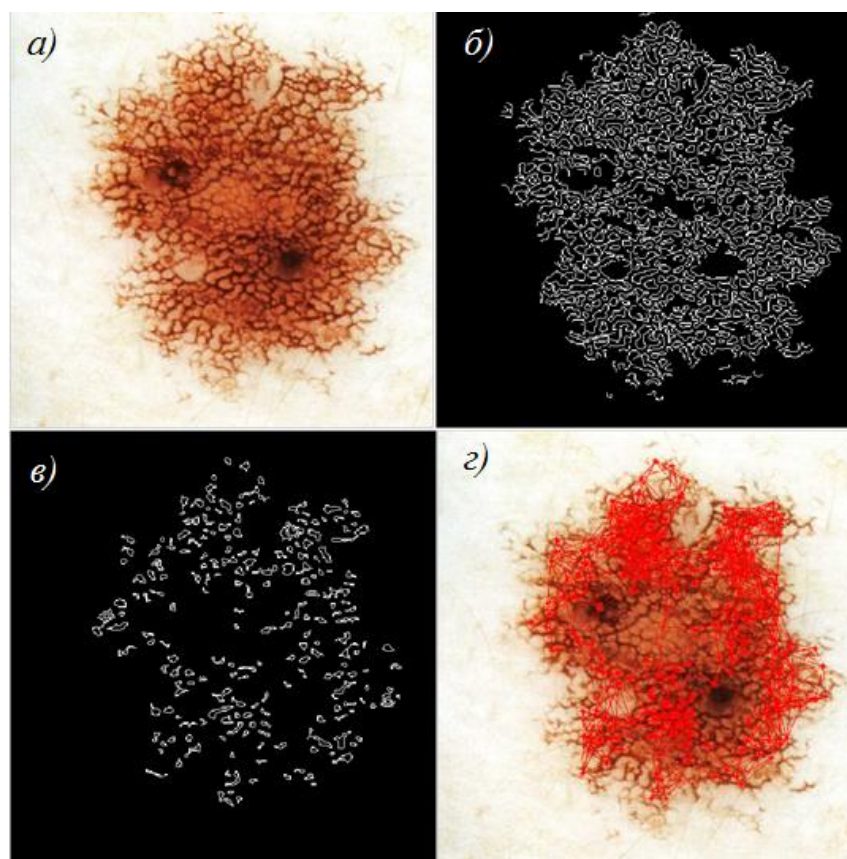


Рисунок 7. Исходное изображение новообразования (а). Результат фильтрации лапласианом гауссиана (б). Зоны, удовлетворяющие хроматическим особенностям (в). Выделенная пигментная сеть (г)

Список литературы:

1. Панкратов В.Г. Дерматоскопия пигментных образований кожи — неинвазивный тест для дифференциальной диагностики меланомы кожи с другими пигментированными новообразованиями (Обзор литературы) / В.Г. Панкратов, А.А. Ревотюк // Медицинские новости. — 2011. — № 4. — С. 6—12.
2. Argenziano G, Soyer H.P., Chimenti S. et al. Dermoscopy of pigmented skin lesions: results of a consensus meeting via the internet. *J Am Acad Dermatol* 2003; 48:679—93.
3. M. Sadeghi, M. Razmara, T. Lee, and M. Atkins. A novel method for detection of pigment network in dermoscopic images using graphs. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 35(2):137—143, 2011.

СЕКЦИЯ 2. НАНОТЕХНОЛОГИИ

ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА МОРФОЛОГИЮ ЧАСТИЦ ПОРОШКА Al_2O_3

Чащин Вадим Олегович

*магистрант 1 курса, физико-технический факультет НИ ТГУ,
РФ, г. Томск*

Калатур Екатерина Сергеевна

*научный руководитель, канд. техн. наук, ИФПМ СО РАН,
РФ, г. Томск*

На сегодняшний день керамические материалы на основе Al_2O_3 применяются в различных областях промышленности [3; 5; 7; 8], что можно объяснить отличительным составом свойств — высокие прочность, термостойкость, износостойкость и температура эксплуатации, и химическая стойкость [1; 6; 9].

При разработке керамик различного функционального назначения основным требованием является изготовление материала назначенной структуры с оптимальными физико-механическими свойствами [2; 4; 10].

Промышленные порошки оксида алюминия имеют высокую дисперсность частиц, состоящих из прочных и крупных агрегатов, что затрудняет спекание прессовок на их основе до высокой плотности. Наличие данных агрегатов приводит к появлению в прессовках локальных пористых участков, которые не могут удалиться полностью при спекании, так как образуется прочный каркас. Подвижность связанных между собой частиц ограничена, и материал после обжига имеет достаточно высокую пористость.

Одним из способов активации физико-химических процессов при спекании в порошковых системах является механическая обработка. В процессе обработки дисперсной системы происходит её диспергирование, формирование центров с повышенной активностью на вновь образованных поверхностях.

Таким образом, целью работы являлось изучение влияния механической обработки на морфологию частиц порошка Al_2O_3 .

Материалом для исследования служил порошок оксида алюминия Al_2O_3 . Механическая обработка порошка осуществлялась в барабанной мельнице с рабочей ёмкостью и мелющими телами из высокоплотного корунда, при скорости вращения барана 70 об./мин в режиме сухого помола. Соотношение массы мелющих тел к массе порошка выдерживалось 5:1 и 10:1. Максимальная продолжительность механической обработки порошка составляла 100 ч.

Измерение удельной поверхности порошков проводилось на приборе «СОРБИ № 4.1» методом низкотемпературной адсорбции азота (БЭТ). Морфологию частиц порошка исследовали на растровом электронном микроскопе (РЭМ) SEM Philips-515. Средний размер частиц исследовали методом случайных секущих.

В итоге проведенных исследований были получены следующие результаты. Исходный порошок Al_2O_3 состоял из крупных глобулярных частиц, их средний размер составил ≈ 90 мкм, рис. 1(а). Данные глобулы представляли собой совокупность частиц неправильной формы, средний размер которых составлял ≈ 10 мкм, рис. 1(б).

Проведение механической обработки исходного порошка Al_2O_3 в течение 5 и 20 часов при соотношении массы мелющих тел к массе порошка 5:1 привело к практически полному разрушению крупных глобулярных частиц, рис. 1, составляющих исходный порошок. В порошках, обработанных при разном соотношении мелющих тел к массе порошка, присутствовали 3 группы частиц разных размеров. Средний размер частиц составил 12 мкм, при этом в порошке присутствовали частицы, размер которых достигал 30 мкм, а также мелкие частицы с размером порядка 3 мкм, рис. 2.

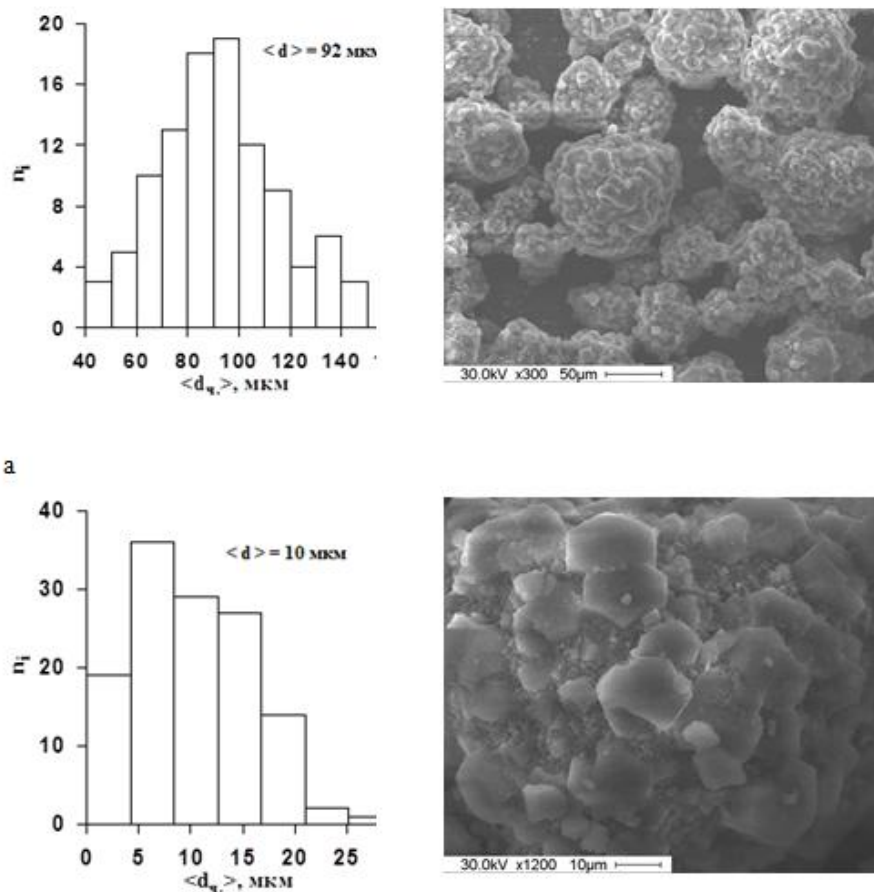


Рисунок 1. Гистограммы распределения частиц порошка Al_2O_3 по размерам

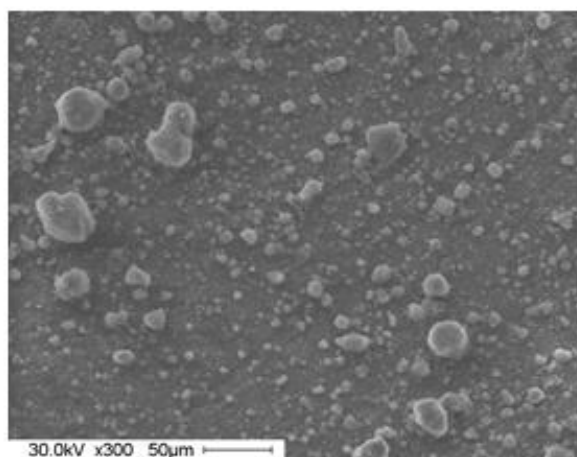
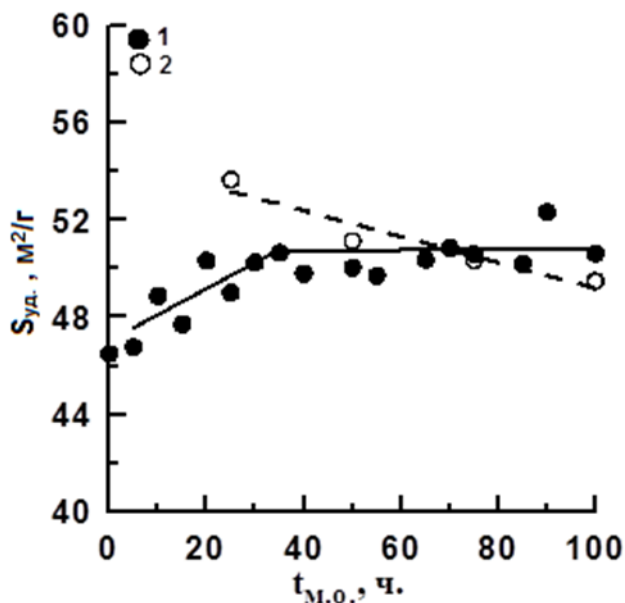


Рисунок 2. РЭМ-изображение порошка Al_2O_3

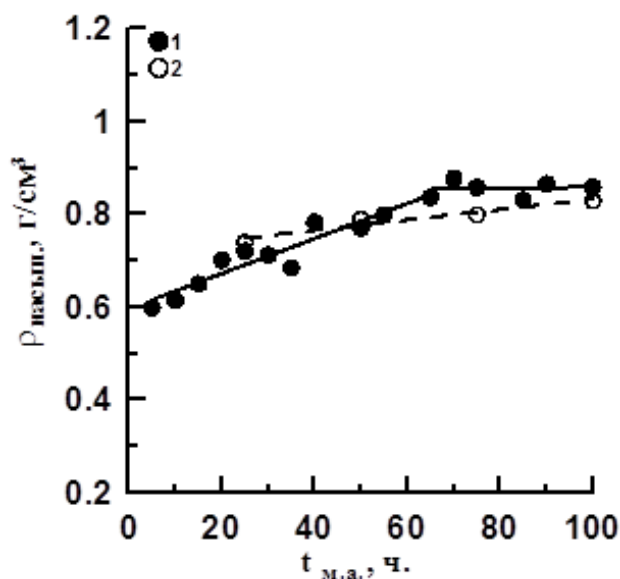
Несмотря на изменение гранулометрического состава порошка Al_2O_3 после механической обработки величина его удельной поверхности при увеличении продолжительности механической обработки порошка до 40 часов увеличилась от 46 до 50 м²/г, дальнейшее увеличение продолжительности механической

обработки до 100 часов практически не оказало влияния на величину удельной поверхности порошка, рис. 3. Наблюдаемое незначительное увеличение удельной поверхности, вероятно, обусловлено рыхлой пористой структурой агрегатов, составляющих порошок Al_2O_3 .



1 — 1:5, 2 — 1:10

Рисунок 3. Зависимость удельной поверхности от продолжительности механической обработки



1 — 1:5, 2 — 1:10

Рисунок 4. Зависимость насыпной плотности от продолжительности механической обработки

Было установлено, что увеличение продолжительности механической обработки до 65 часов привело к росту насыпной плотности от 0,6 до 0,8 г/см³, при этом дальнейшее увеличение продолжительности обработки порошка в барабанной мельнице до 100 часов практически не оказало влияния на величину насыпной плотности, рис. 4.

Список литературы:

1. Буюкова С.П., Кульков С.Н. Формирование структуры пористой керамики, спеченной из нанокристаллических порошков // Огнеупоры и техническая керамика. — 2005. — № 11. — С. 6–11.
2. Ван-Бюрен. Дефекты в кристаллах / Ван-Бюрен. — М.: ИЛ, 1962. — 605 с.
3. Лукин Е.С., Кутейникова А.Л., Попова Н.А. Пористая проницаемая керамика из оксида алюминия // Стекло и керамика. — 2003. — № 3. — С. 17—18.
4. Комаров В.С. Синтез и регулирование пористой структуры адсорбентов / В.С. Комаров. — Минск: Хата, 2003. — 276 с.
5. Красный Б.Л., Тарасовский В.П., Красный А.Б. Изделия из пористой проницаемой керамики новые возможности для технологического прорыва в основных отраслях промышленности // Новые огнеупоры. — 2008. — № 11. — С. 28—30.
6. Красный Б.Л., Тарасовский В.П., Красный А.Б., Кутейникова А.Л. Свойства пористой проницаемой керамики на основе монофракционных порошков корунда и нанодисперсного связующего // Стекло и керамика. — 2009. — № 6. — С. 18—21.
7. Салихов Т.П., Кан В.В., Уразаева Э.М. и др. Корундовая фильтрующая керамика на фосфатных связках // Стекло и керамика. — 2008. — № 8. — С. 28—31.
8. Степанов Е.И., Григорьев М.В., Кирко В.И. Влияние добавок ультрадисперсного Al₂O₃ на физико-механические свойства корундовой керамики // Журнал СФУ. Техники и технологии 2008. — Т. 2. — № 1. — С. 162—167.
9. Томилина Е.М., Пронина О.В., Лукин Е.С., Каграманов Г.Г. Пористая керамика на основе оксида алюминия // Стекло и керамика. — 2000. — № 6. — С. 23—24.
10. Kimberly A. Defriend, Andrew R. Barron. Strengthening of porous alumina bodies using carboxylate-alumoxane nanoparticles // J. Mat. Sci. 38 — 2003. — P. 927—935.

СЕКЦИЯ 3.

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

АНАЛИЗ ПОВЕДЕНИЯ СТАЦИОНАРНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СМО С БОЛЬШИМ ОБЪЕМОМ БУФЕРА

Бойченко Станислав Борисович

*студент 4 курса, институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»,
Украина, г. Киев*

Пилипенко Андрей Юрьевич

*научный руководитель, д-р физ.-мат. наук, проф. ИТС НТУУ «КПИ»,
Украина, г. Киев*

В последние годы во всем мире идет стремительная интеграция информационных и коммуникационных сервисов. Вследствие этого идет стремительный рост трафика и нагрузки на сетевое оборудование. Именно поэтому интересна проблема изучения вероятности отказа этого самого оборудования. Это позволит решать проблему целесообразности увеличения или уменьшения количества обрабатывающих устройств.

Такие обрабатывающие устройства можно описать с помощью математического аппарата теории систем массового обслуживания, что позволит исследовать их с нужной нам стороны.

Для реализации любой системы целесообразно моделирование, проверка ее эффективности в условиях, приближенных к условиям эксплуатации. Кроме того, моделирование предоставляет широкие возможности для более глубокого исследования и поиска закономерностей поведения.

Целью работы является исследование поведения вероятности отказа в зависимости от различных входных параметров.

Рассмотрим наиболее типичную модель в ТК, а именно $MX/MY/1$ [3], то есть в любой момент времени поступает от 0 до X заявок/пакетов/..., или обрабатывается так же от 0 до Y заявок/пакетов/... Такую СМО можно

представить графом (рис. 1) (указаны переходы только для i -того узла, однако они аналогичны и для других):

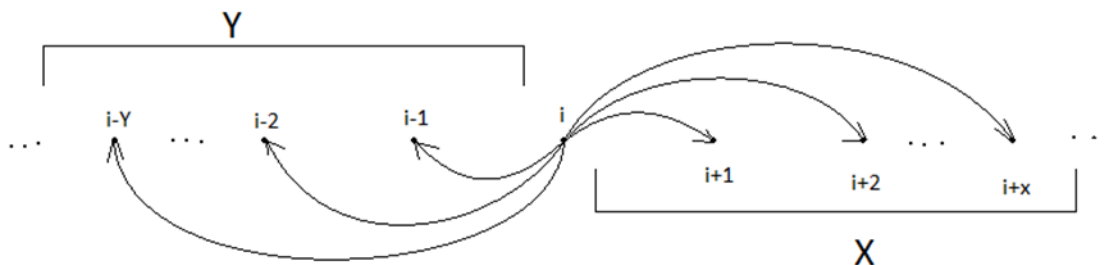


Рисунок 1. Граф переходов для i -го узла системы $M^X/M^Y/1$

Однако, в реальной жизни размер буфера не является бесконечным. Во многих ТК системах буфер является достаточно большим, по сравнению с X и Y , однако не бесконечным. Поэтому интересно, как себя ведет стационарное распределение на концах цепи (пустой буфер и полностью забитый) в зависимости от математического ожидания поступления и размера буфера.

Расчет вероятности СМО в отдельном случае.

Для примера, найдем стационарное распределение для такого случая: вероятность того что придет 2 заявки 0.4, 1 — 0.3, ни — 0.1, и одна обрабатается — 0.2. То есть:

$$p_0 = 0.1, \quad p_1 = 0.3, \quad p_2 = 0.4, \quad p_{-1} = 0.2 \tag{1}$$

Запишем рекуррентное уравнение [1]:

$$\pi_j = \pi_j p_0 + \pi_{j-1} p_1 + \pi_{j-2} p_2 + \pi_{j+1} p_{-1} \tag{2}$$

Теперь из характеристического уравнения

$$p_2 + \lambda p_1 + \lambda^2 (p_0 - 1) + \lambda^3 p_{-1} = 0 \tag{3}$$

Найдем параметры лямбда

$$\begin{aligned}\lambda_1 &= 1 \\ \lambda_2 &= -0.5 \\ \lambda_3 &= 4\end{aligned}\tag{4}$$

Тогда стационарное распределение будет выглядеть так:

$$\pi_k = A_1 \lambda_1^k + A_2 \lambda_2^k + A_3 \lambda_3^k\tag{5}$$

Поскольку, при решении такого вида систем, значимыми будут только те уравнения, которые не имеют общей вид, то подставив (5) в (1) получим систему уравнений:

$$\begin{cases} A_1 + A_2 + A_3 = (A_1 + A_2 + A_3) * (p_0 + p_{-1}) + (A_1 \lambda_1^1 + A_2 \lambda_2^1 + A_3 \lambda_3^1) * p_{-1} \\ A_1 \lambda_1^1 + A_2 \lambda_2^1 + A_3 \lambda_3^1 = (A_1 + A_2 + A_3) * p_1 + (A_1 \lambda_1^1 + A_2 \lambda_2^1 + A_3 \lambda_3^1) * p_0 + \\ + (A_1 \lambda_1^2 + A_2 \lambda_2^2 + A_3 \lambda_3^2) * p_{-1} \\ A_1 \lambda_1^N + A_2 \lambda_2^N + A_3 \lambda_3^N = (A_1 \lambda_1^{N-2} + A_2 \lambda_2^{N-2} + A_3 \lambda_3^{N-2}) * p_2 + \\ + (A_1 \lambda_1^{N-1} + A_2 \lambda_2^{N-1} + A_3 \lambda_3^{N-1}) * (p_1 + p_2) + \\ + (A_1 \lambda_1^N + A_2 \lambda_2^N + A_3 \lambda_3^N) * (p_0 + p_1 + p_2) \end{cases}\tag{6}$$

Они все будут линейно зависимы, поэтому нужно одно заменить на [2]:

$$\sum \pi_i = 1\tag{7}$$

То есть

$$\sum_i \sum_j A_j * \lambda_j^i = 1\tag{8}$$

Далее получаем такую систему:

$$\begin{cases} A_1 + A_2 + A_3 = (A_1 + A_2 + A_3) * (p_0 + p_{-1}) + (A_1 \lambda_1^1 + A_2 \lambda_2^1 + A_3 \lambda_3^1) * p_{-1} \\ A_1 \lambda_1^1 + A_2 \lambda_2^1 + A_3 \lambda_3^1 = (A_1 + A_2 + A_3) * p_1 + (A_1 \lambda_1^1 + A_2 \lambda_2^1 + A_3 \lambda_3^1) * p_0 + \\ + (A_1 \lambda_1^2 + A_2 \lambda_2^2 + A_3 \lambda_3^2) * p_{-1} \\ \sum_{i=0}^N A_1 \lambda_1^i + A_2 \lambda_2^i + A_3 \lambda_3^i \end{cases}\tag{9}$$

Подставив значения и увидев формулу геометрической прогрессии в последнем уравнении:

$$\begin{cases} A_1 + A_2 + A_3 = (A_1 + A_2 + A_3) * 0,3 + (A_1 - 0,5A_2 + 4A_3) * 0,2 \\ A_1 - 0,5A_2 + 4A_3 = (A_1 + A_2 + A_3) * 0,3 + (A_1 - 0,5A_2 + 4A_3) * 0,1 + \\ + (A_1 + 0,25A_2 + 16A_3) * 0,2 \\ 3NA_1 - (1 - (-0,5)^N)A_2 - A_3 4(1 - 4^N) = 3 \end{cases} \quad (10)$$

Получим коэффициенты, зависящие от N:

$$\begin{cases} A_1 = \frac{3}{132*4^N + 3.5(-0.5)^N + 3N - 135.5} \\ A_2 = \frac{10.5}{132*4^N + 3.5(-0.5)^N + 3N - 132.5} \\ A_3 = \frac{99}{132*4^N + 3.5(-0.5)^N + 3N - 132.5} \end{cases} \quad (11)$$

Из формул для стационарного распределения можно увидеть, что для больших k наибольший вес имеет слагаемое с наибольшим лямбда ($\lambda = 4$), а для маленьких k значимыми также обнаруживаются и другие слагаемые (которые при больших N будут очень маленькие):

$$\begin{aligned} \pi_k = & \frac{3}{132*4^N + 3.5(-0.5)^N + 3N - 132.5} + \\ & + \frac{10.5}{132*4^N + 3.5(-0.5)^N + 3N - 132.5} (-0.5)^k + \\ & + \frac{99}{132*4^N + 3.5(-0.5)^N + 3N - 132.5} 4^k \end{aligned} \quad (12)$$

Расчет вероятности СМО в противном случае.

Теперь возьмем вероятности поступления «зеркально» относительно p_0 , то есть:

$$p_0 = 0.1, \quad p_{-1} = 0.3, \quad p_{-2} = 0.4, \quad p_1 = 0.2 \quad (13)$$

Аналогичным образом можно записать и решить характеристическое уравнение [1]. Коэффициенты в данном случае

$$\begin{aligned}\lambda_1 &= 1 \\ \lambda_2 &= -2 \\ \lambda_3 &= 0.25\end{aligned}\tag{14}$$

То есть мы видим, что они равны λ_i^{-1} с предыдущего случая. В дальнейшем это было проверено и оказалось, что это условие выполняется всегда.

Теперь аналогично через систему из трех уравнений вычисляются коэффициенты А. Их значения:

$$\begin{cases} A_1 = \frac{-5.25 \cdot 2^N}{2^N(-5.25 \cdot N + 0.78125 - 1.25 \cdot 0.25^N) + (-1)^N \cdot 0.25(0.875 - 0.25^N)} \\ A_2 = \frac{(0.125 \cdot 0.25^N - 3.28125)}{2^N(-5.25 \cdot N + 0.78125 - 1.25 \cdot 0.25^N) + (-1)^N \cdot 0.25(0.875 - 0.25^N)} \\ A_3 = \frac{3 \cdot 2^N}{2^N(-5.25 \cdot N + 0.78125 - 1.25 \cdot 0.25^N) + (-1)^N \cdot 0.25(0.875 - 0.25^N)} \end{cases}\tag{15}$$

То есть, можно увидеть, что эти коэффициенты A_1 и A_3 при больших значениях N стремятся к определенным константам. Поэтому [2]

$$\pi_k = A_1 + A_2(-2)^k + A_3 \cdot 0.25^k\tag{16}$$

с ростом k будет только уменьшаться.

Однако всегда ли это так? Возможно ли это использовать для упрощения расчета? Ведь, в реальных системах X и Y НЕ 2 и 1, а значительно больше.

Аналитический вывод формул.

Теперь абстрагируемся и представим, что максимально может приходит n заявок за раз, а обрабатываться — m [3]

$$\sum_{i=-m}^n p_i = 1\tag{17}$$

Так что можно сразу записать (1) и (5) в общем виде:

$$\pi_k = \sum_{i=-m}^n \pi_{k+i} p_{-i} \quad (18)$$

$$\pi_k = \sum_{i=1}^{m+n} A_i \lambda_i^k \quad (19)$$

Тогда, аналогично вышесказанному, иметь такую систему уравнений:

$$\begin{cases} \sum_{a=1}^{m+n} A_a \lambda_a^0 = \sum_{i=0}^m \left(\sum_{a=1}^{m+n} A_a \lambda_a^i \right) \sum_{j=i}^m p_{-j} \\ \sum_{a=1}^{m+n} A_a \lambda_a^k = \sum_{i=-k}^m \left(\sum_{a=1}^{m+n} A_a \lambda_a^{k+i} \right) p_{-i} \\ \sum_{a=1}^{m+n} A_a \lambda_a^l = \sum_{i=l-N}^n \left(\sum_{a=1}^{m+n} A_a \lambda_a^{l-i} \right) p_i \\ \sum_{a=1}^{m+n} A_a \lambda_a^N = \sum_{i=0}^n \left(\sum_{a=1}^{m+n} A_a \lambda_a^{N-i} \right) \sum_{j=i}^n p_j \end{cases} \quad (20)$$

где $k = \overline{1, m-1}$, $l = \overline{N-n+1, N-1}$

Так же, уравнения в этой системе будут линейно зависимыми, следовательно заменим последнее на [3]

$$\sum \pi_i = 1 \quad (21)$$

с подстановкой (19) и получим следующую систему

$$\begin{cases} \sum_{a=1}^{m+n} A_a \lambda_a^0 = \sum_{i=0}^m \left(\sum_{a=1}^{m+n} A_a \lambda_a^i \right) \sum_{j=i}^m p_{-j} \\ \sum_{a=1}^{m+n} A_a \lambda_a^k = \sum_{i=-k}^m \left(\sum_{a=1}^{m+n} A_a \lambda_a^{k+i} \right) p_{-i} \\ \sum_{a=1}^{m+n} A_a \lambda_a^l = \sum_{i=l-N}^n \left(\sum_{a=1}^{m+n} A_a \lambda_a^{l-i} \right) p_i \\ \sum_{i=0}^N \sum_{j=1}^{m+n} A_j \lambda_j^i = 1 \end{cases} \quad (22)$$

Можно увидеть, что количество уравнений зависит только от n и m ; а также, что только последние n уравнений зависят от N . Таким образом эту систему относительно A можно записать в матричном виде

$$\begin{pmatrix} [C] \\ B \begin{bmatrix} \lambda_1^{N-1} & \dots & \lambda_1^N \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \lambda_n^{N-1} & \dots & \lambda_n^N \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} \lambda_1^N - 1 & \dots & \lambda_{m+n}^N - 1 \\ \lambda_1 - 1 & \dots & \lambda_{m+n} - 1 \end{bmatrix} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_{m+n-1} \\ A_{m+n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \quad (23)$$

где: B и C — матрицы констант, которые теоретически можно легко рассчитать. Из этого можно предположить, что при достаточно больших N , выражения λ_N будут вести себя как в (1) по сравнению с самым λ_N , а следовательно коэффициенты A_i будут асимптотически зависеть только от этого λ_{\max} и N . Также очень значимым является тот факт, что нам не приходится решать N уравнений. Благодаря тому, что мы воспользовались рекуррентными уравнениями, их осталось всего лишь $m+n$ штук.

Соответственно, подводя итоги, можно сказать, что стационарное распределение будет иметь такой вид:

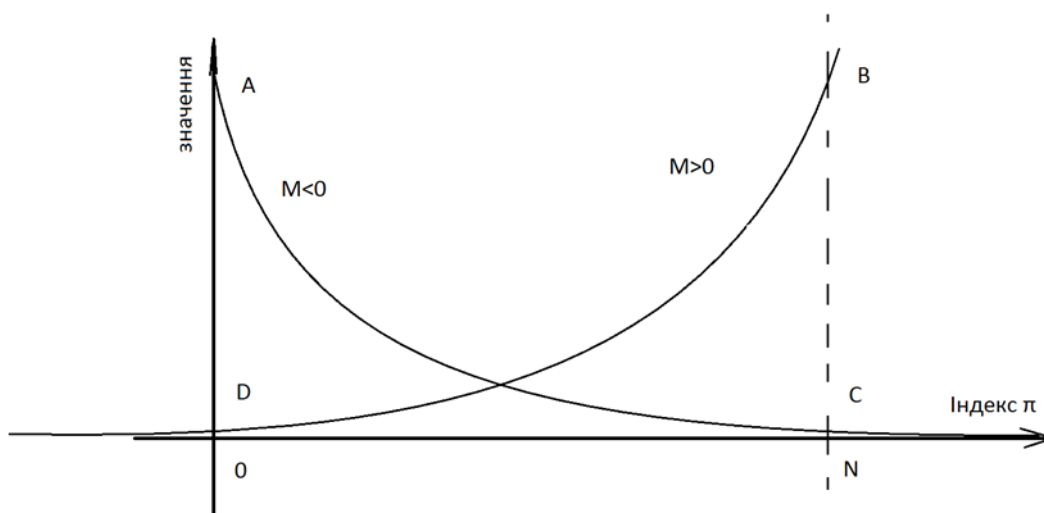


Рисунок 2 Распределение значений π_i для случаев с положительным и отрицательным математическим ожиданием

То есть, для реальных систем, где нагрузка варьируется, можно подобрать интенсивность обработки и объем буфера (можно даже динамически) таким образом, чтоб обеспечить требуемый уровень отказоустойчивости системы.

Список литературы:

1. Бочарова И.Е. Решение рекуррентных уравнений// Конспект лекций по курсу «Базовые алгоритмы обработки информации». — 2009. — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://k14.spb.ru/cm/uploads/105/014> (дата обращения 12.06.14).
2. Тихонов В., Бакаев Ю. Статистическая теория радиотехнических устройств. М.: ВВИА, 1978.
3. Adan I., Resing J. Queueing Theory: Ivo Adan and Jacques Resing. Eindhoven University of Technology. Department of Mathematics and Computing Science, 2001.

СЕКЦИЯ 4. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

НОВЫЙ ПОДХОД К ПРОБЛЕМЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО РАЗГОНА ОБЪЕКТОВ

Степанов Андрей Александрович

*студент Петербургского государственного университета путей сообщения
имени Императора Александра I,
РФ, г. Санкт-Петербург*

Ким Константин Константинович

*научный руководитель, д-р техн наук, проф. Петербургского государственного
университета путей сообщения имени Императора Александра I,
РФ, г. Санкт-Петербург*

В настоящее время вызывает интерес проблема ускорения объектов большой массы. Имеется в виду разгон объектов до скоростей, приближающихся к космическим. На сегодняшний день известны два способа электромагнитного разгона объектов: кондукционный и индукционный. Индукционный метод используется в системах магнитной левитации и в поездах на магнитной подушке. Кондукционный же себя зарекомендовал в военной сфере. Американские научно-исследовательские лаборатории, такие как General Atomics и ВМС США занимаются разработкой орудий с дульной энергией порядка 33 МДж. Уже имеются опытные образцы рельсотронов с дульной скоростью до 2,5 км/с.

Но у этих методов разгона есть свои недостатки. Кондукционный метод позволяет эффективно разгонять объекты значительной массы только до скоростей порядка 0,1 км/с. Индукционный же метод эффективно ускоряет только уже разогнанные объекты.

Цель нашей работы — разработать новую методику разгона объектов путем последовательного использования рельсотрона и линейного индукционного двигателя.

Решение проблемы возможно путем разумного сочетания кондукционного и индукционного принципов электромагнитного ускорения. При этом ускорение объектов на начальном этапе разгона (до $0,1 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1}$), когда возможно надежное обеспечение электрического контакта между движущимся объектом и рельсами, предполагается осуществить по принципу (кондукционного) рельсотронного разгона, а на завершающей стадии ускорения (при скоростях, превышающих $0,1 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1}$) применить индукционный принцип разгона.

РЕЛЬСОТРОННЫЕ УСКОРИТЕЛИ (ПЕРВАЯ СТУПЕНЬ РАЗГОНА).

Рельсотроны подразделяются на два типа: несегментированные и сегментированные. Для первых характерно то, что рельсы 1 (рисунок 1), вдоль которых происходит ускорение объекта 2, представляют собой единую конструкцию и находятся под напряжением источника питания в течение всего времени, пока объект находится в ускорителе, у вторых — рельс подразделяется на электрически несвязанные сегменты, причем каждый сегмент подключается к своему источнику питания по мере движения объекта по рельсу.

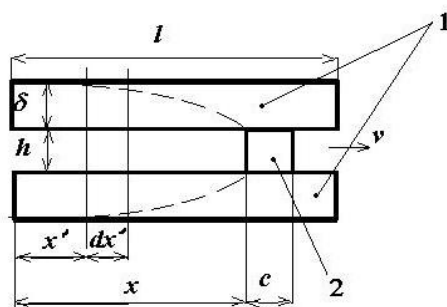


Рисунок 1. Несегментированный рельсотрон

Энергетическая эффективность несегментированных рельсотронов весьма низка, особенно при больших длинах рельса. Так, КПД разгона объектов массой 1000 кг от состояния покоя до скорости $0,1 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1}$ при изменении длины рельсотрона от 100 м до 1000 м находится в пределах от $0,07$ до $0,03$. В связи с отмеченным, целесообразно рассматривать сегментированные рельсотроны.

Для рельсотрона в данной работе исследуются следующие параметры:

- Энергия подводимая к ускорителю.
- Потери в рельсах.
- КПД.

Для выведения энергии подводимой от источника к ускорителю были приняты следующие допущения:

$a = \text{const}$ — ускорение,

$$k_F = 1 - \frac{F_{\text{тр}}}{F}, \quad (1)$$

где: $F_{\text{тр}}$ — сила трения о рельс;

F — пропульсивная сила (тяги) рельсотрона;

$I = \text{const}$ — ток, подведенный к сегменту.

Тогда формула будет выглядеть так:

$$W = I^2 l \left[\frac{16}{15 b a^{1/4}} \left(\frac{\mu \rho \pi}{2} \right)^{1/2} (2l)^{1/4} + \frac{2r_c}{\mathbf{v}_0 + \mathbf{v}_f} + L_0 \right], \quad (2)$$

где: I — ток, подведенный к сегменту;

l — длина ускорителя;

b — ширина рельса;

a — ускорение;

ρ, μ — удельное сопротивление и магнитная проницаемость материала рельса;

r_c — электрическое сопротивление объекта;

v_0, v_f — скорость объекта на входе и выходе ускорителя;

L_0 — индуктивность рельсов на единицу длины.

Отличие от несегментированных рельсотронов будет состоять только в величине потерь в рельсах. Потери зависят от времени нахождения объекта на одном сегменте:

$$t_x = \left(\frac{2l}{an} \right)^{1/2} \quad (3)$$

таким образом

$$W^{(p)} = \frac{8I^2}{15ba^{1/4}} \left(\frac{\mu\rho\pi}{2} \right)^{1/2} (2l)^{5/4} \left(\frac{1}{n} \right)^{1/4} . \quad (4)$$

Теперь мы можем вывести КПД нашего ускорителя:

$$\eta = \frac{k_F L_0}{2 \left[\frac{16}{15ba^{1/4}} \left(\frac{\mu\rho\pi}{2} \right)^{1/2} \left(\frac{2l}{n} \right)^{1/4} + \frac{2r_c}{v_0 + v_f} + L_0 \right]} \quad (5)$$

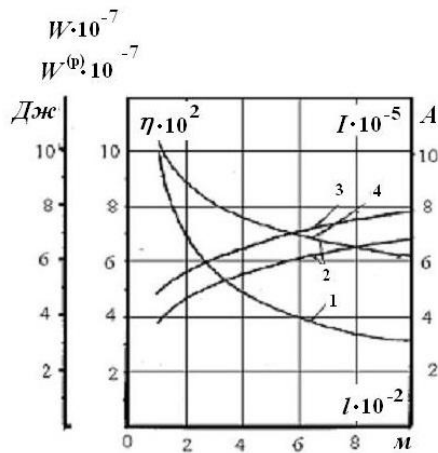


Рисунок 2. Результаты расчетов

На рисунке 2 приведены результаты расчетов тока (кривая 1), потерь в рельсе (кривая 2), потребляемой рельсотроном энергии (кривая 3) и его КПД

(кривая 4) для сегментированных рельсотронов. Длина сегмента принималась одинаковой и равной 25 м. Расчеты выполнялись при $b = 0.5$ м (ширина рельса), $d = 0.04$ м (толщина рельса), $h = 0.02$ м (расстояние между рельсами). Варьировалась длина рельсотрона.

Как можно увидеть из графика — КПД варьируется от 6 до 10 %, при токах порядка 10 кА.

ИНДУКЦИОННЫЕ УСКОРИТЕЛИ (ВТОРАЯ СТУПЕНЬ РАЗГОНА).

Для индукционного ускорителя в данной работе исследуются следующие параметры:

- Пропульсивная сила ускорителя.
- Длина ускорителя.
- Закон управления амплитудой напряжения.

При этом должно обеспечиваться постоянное ускорение объекта на всей длине разгона, независимо от силы сопротивления. Т. е. должна решаться проблема минимизации длины ускорителя и времени достижения необходимой скорости объектом на выходе из ускорителя.

Ускорение с непрерывным изменением синхронной скорости.

Данный ускоритель представляет собой трехфазный линейный индукционный двигатель (ЛИД). Для регулирования пропульсивной силы используется частотное регулирование при постоянной длине волны поля. Эффекты, обусловленные ограниченностью размеров ускоряемого объекта, учитываются соответствующими вычислениями его электромагнитных параметров — активного r_2 и индуктивного x_2 сопротивлений и индуктивного сопротивления x_m взаимной индукции между объектом и индуктором.

Воспользовавшись известными в теории обычных индукционных машин соотношениями можно вывести формулу пропульсивной силы:

$$F = F_m \frac{2 s_{m0} v_{s0} (v_s - v)}{(s_{m0} v_{s0})^2 + (v_s - v)^2}, \quad (6)$$

где: s_{m0} и v_{s0} — значения s_m и v_s при базисной частоте;

v_s и v — текущие значения синхронной скорости и скорости движения объекта.

Для нас представляет интерес разгон объекта, при котором разность текущей и синхронной скорости не зависит от частоты питающего напряжения и равна $v_s - v = s_{m0} v_{s0}$:

$$\frac{2s_{m0} v_{s0} (v_s - v)}{(s_{m0} v_{s0})^2 + (v_s - v)^2} = 1 \quad (7)$$

Таким образом, ускоритель развивает максимальную силу. Однако F_m зависит от частоты. Поэтому для оптимального разгона применим еще одно условие:

$$U = \frac{f}{f_0} U_0, \quad (8)$$

где: f_0 и U_0 — базисные значения частоты и напряжения.

Тогда уравнение примет вид:

$$F_m = \frac{mU_0^2}{2c(x_{1\sigma 0} + cx_{2\sigma 0})v_{s0}} \quad (9)$$

где: $x_{1\sigma 0}$ и $x_{2\sigma 0}$ — значения сопротивлений $x_{1\sigma}$ и $x_{2\sigma}$ при частоте f_0 .

Имея в виду одномерное движение объекта, можно выразить длину ускорителя:

$$l = \int_{v_{вх}}^{v_{вых}} \frac{Mv}{F - F_c(v)} dv, \quad (10)$$

где: $v_{вх}$ и $v_{вых}$ — скорости объекта на входе и выходе ускорителя.

Но поскольку мы живем в реальном мире, то движению нашего объекта будет препятствовать сила сопротивления, которую возьмем произвольной функцией от скорости объекта. Тогда сила развиваемая ускорителем, необходимая для подавления силы сопротивления будет равна:

$$F = F_{m0} + F_c(v) \quad (11)$$

Теперь закон управления амплитудой напряжения можно представить в виде

$$U = \frac{f}{f_0} U_0 (1 + k_v F_c(v))^{0.5}, \quad (12)$$

где: k_v — коэффициент управления по параметру v

Ускорение с дискретным изменением синхронной скорости.

Теперь рассмотрим ускоритель с непрерывным изменением синхронной скорости, то есть Линейный двигатель, состоящий из некоторого числа участков (сегментов), каждому из которых соответствует своя постоянная синхронная скорость.

Основные исследуемые параметры:

- Пропульсивная сила сегмента.
- Длина сегмента.

Если рассматривать k_v как переменную величину, зависящую от синхронной скорости и скорости объекта, то при условии

$$k_v = F_{m0} \frac{2s_{m0} v_{s0} (v_{si} - v)^1}{(s_{m0} v_{s0})^2 + (v_{si} - v)^2} \quad (13)$$

где: I — номер сегмента

Пропульсивная сила, развиваемая ускорителем на i -м сегменте

$$F_i = F_{m0} \frac{2s_{m0}v_{s0}(v_{si} - v)}{(s_{m0}v_{s0})^2 + (v_{si} - v)^2} + F_c(v). \quad (14)$$

Используя уравнение для одномерного движения (10) мы преобразовываем его согласно предыдущим уравнениям

$$l_i = \frac{M}{2F_{m0}s_{m0}v_{s0}} \int_{v_{i-1}}^{v_i} \frac{(s_{m0}v_{s0})^2 + (v_{si} - v)^2}{v_{si} - v} v dv.$$

В заключение приведем некоторые результаты расчета, относящиеся к сегментированному индукционному ускорителю с $n=11$. Уравнения решались методом Ньютона. Были получены значения синхронных скоростей v_s на всех сегментах и $n-1$ скоростей v объекта на границах сегментов при скоростях $v_{вх}=0,1 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1}$ и $v_{вых}=1 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1}$. В расчетах предполагалось, что $s_{m0}v_{s0}=11,1; 25; 43; 67; 100$.

На рисунке 3 приведены графики синхронной скорости (горизонтальные отрезки 1) и скорости объекта (кривая 2) для случая $s_{m0}v_{s0}=11,1$. Расчеты показали, что независимо от значения $s_{m0}v_{s0}$ скорость объекта в конце каждого сегмента вплотную приближается к синхронной скорости на этом сегменте.

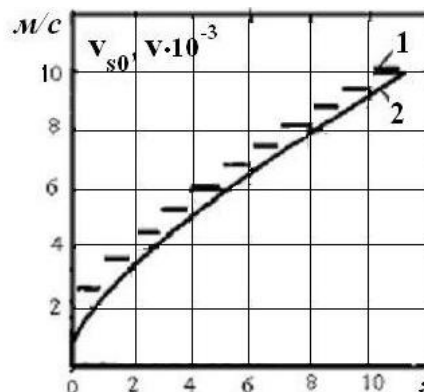


Рисунок 3. График синхронной скорости и скорости движения объекта

Вывод.

1. Одним из наиболее эффективных путей повышения КПД рельсовых ускорителей является разделение рельса на отдельные электрически не связанные участки (сегменты) и питание в любой момент времени только одного сегмента, в пределах которого находится ускоряемый объект. Этот путь при рациональном выборе полной длины ускорителя и длины отдельных сегментов вместе с регенерацией энергии магнитного поля рельса позволяет получить приемлемые значения КПД рельсотрона, порядка 15—20 %.

2. Для достижения минимальной длины индукционного ускорителя с непрерывным изменением синхронной скорости, а, следовательно, и минимального времени разгона объекта необходимо управление частотой и амплитудой питающего напряжения по законам (12).

3. На минимальную длину сегментированного ускорителя заметное влияние оказывает параметр $s_{m0}v_{s0}$. Это влияние тем значительнее, чем больше выходная скорость ускорителя. С точки зрения минимизации длины ускорителя желательно, чтобы параметр $s_{m0}v_{s0}$ был возможно больше.

Список литературы:

1. Вольдек А.И. Электрические машины. Л.: Энергия, 1974. 839 с.
2. Ким К.К. Регулирование питающего напряжения индукционного ускорителя при минимизации его длины и времени разгона // Электричество, № 11, 1990. С. 59—62.
3. Ким К.К. Электромагнитное разгонное устройство // Сборник трудов Самарского политехнического института «Специальные типы электрических машин». Самара. 1991. 6 с.
4. Deadrick P.J., Hawke R.S., Sendder J.D. Madrac-a railgun simulation program // IEEE Transactions on Magnetics. 1982. — Vol. MAG-18. — № 1. — P. 94—104.
5. Onuki T., Laithwaite E.R. Problem of minimizing induction launchers length // Proc. of the Institute of Electrical Engineers. — 1971. — Vol. 118. — № 2.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

**МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ:
ТЕХНИЧЕСКИЕ
И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

*Электронный сборник статей по материалам XIV студенческой
международной заочной научно-практической конференции*

№ 7 (14)
Июль 2014 г.

В авторской редакции

Издательство «МЦНО»
127106, г. Москва, Гостиничный проезд, д. 6, корп. 2, офис 213

E-mail: mail@nauchforum.ru

