

საქართველოს
საინჟინრო
სიახლანი

სსს

3'16

GEORGIAN
ENGINEERING
NEWS

GEN

ISSN 1512-0287

საქართველოს
საინჟინრო
სიახლანი

GEORGIAN
ENGINEERING
NEWS

No.3 (vol. 79), 2016

GEORGIAN ENGINEERING NEWS, No. 3, 2016

International Engineering Academy Georgian Engineering Academy

Editor-in-Chief: Mindia Salukvadze

EDITORIAL BOARD

Demur Chomakhidze	<i>Tbilisi, Georgia</i>	Romualdas Ginevičius	<i>Vilnius, Lithuania</i>
Guram Javakhadze	<i>Tbilisi, Georgia</i>	Oleg Namicheishvili	<i>Tbilisi, Georgia</i>
Peter Bielik	<i>Nitra, Slovakia</i>	Dmitry Novikov	<i>Moscow, Russia</i>
Ivan Gorgidze	<i>Tbilisi, Georgia</i>	Archil Prangishvili	<i>Tbilisi, Georgia</i>
Boris Gusev	<i>Moscow, Russia</i>	Rolf D. Shraft	<i>Stuttgart, Germany</i>
Paata Kervalishvili	<i>Tbilisi, Georgia</i>	Irakli Zhordania	<i>Tbilisi, Georgia</i>
Vladimir Kekelidze	<i>Dubna, Russia</i>		

EDITORIAL STAFF:

David Gorgidze, Alexander Dolidze, Leila Kobelashvili
and Ketevan Makhashvili

NGO Georgian Engineering News (GEN) LTD

Address: TECHINFORMI Tbilisi 0179, Kostava 47

Tel.: 995 (32) 2335315, 2335122

Fax: 995 (32) 2335122

[e-mail:nellym@caucasus.net](mailto:nellym@caucasus.net)

Internet: www.tech.caucasus.net

Copyright © by GEN LTD



ემდგენება საქართველოს და საერთაშორისო საინჟინრო აკადემიების
აკადემიკოსის, ჟურნალის მთავარი რედაქტორის
ვლადიმერ დოლიძის ხსოვნას

**ПОСВЯЩАЕТСЯ ПАМЯТИ АКАДЕМИКА ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ ГРУЗИИ И
МЕЖДУНАРОДНОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ,
ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА ЖУРНАЛА В.А. ДОЛИДЗЕ**

**DEDICATED TO THE MEMORY OF VLADIMIR DOLIDZE
MEMBER OF THE INTERNATIONAL AND GEORGIAN ENGINEERING ACADEMIES,
EDITOR IN CHIEF OF GEN**

ПАМЯТИ ВЛАДИМИРА АЛЕКСАНДРОВИЧА ДОЛИДЗЕ

Лауреат Государственной премии СССР, доктор технических наук, профессор, академик, действительный член Международной Инженерной Академии, член президиума Инженерной академии Грузии, вице-президент Академии экологических наук Грузии, выдающийся ученый в области аналитического приборостроения, ионоселективных материалов, физической и аналитической химии.

В.А. Долидзе родился 25 апреля 1932г. в Тбилиси в интеллигентной семье. Отец Александр Долидзе – в войну командовал пограничными войсками, мама Ирина Шхиани – из семьи священника. После окончания школы Владимир поступил в Московский химико-технологический институт им. Д.И. Менделеева (Российский химический университет). Его преподаватели - ученые с мировыми именами.

В институте он учился хорошо, уже тогда обнаружив основные черты характера: настойчивость в достижении знаний, педантичность и упорство в труде, энергичность в общении и горячность в отстаивании точки зрения. Острый ум, обаяние, любознательность и невероятное стремление к достижению своих целей. Вот таким был в юности будущий выдающийся ученый, успешный организатор и сильный, грамотный руководитель.

Владимир Долидзе прошел путь от рядового инженера НПО «Аналитприбор» до зам. генерального директора. Тридцать семь лет он посвятил деятельности на этом предприятии.

Еще молодым специалистом он возглавил ряд основополагающих тематик. Для развития в СССР отрасли аналитического приборостроения – рН-метрии требовалось разработать и освоить серийно электроды, приборы, комплексы и системы. За десять лет (1959-1969 гг.) эта задача была выполнена. Разработано и широко распространено в Союзе крупносерийное производство средств рН-метрии. Это привело к огромному экономическому эффекту в масштабах всей страны.

В 1973 г. за цикл работ по теории стеклянного электрода и электродным свойствам материалов В.А. Долидзе удостоен Государственной премии СССР в области науки и техники.

Научный и практический интерес Владимира Долидзе был связан со становлением и развитием рН-метрии и ионометрии в Союзе. Особый его интерес – экстремальные условия. Именно с этой областью связана его докторская (и кандидатская) диссертация, которую Владимир защитил в ГНОХИ им. Вернадского в 1984г. Его теоретические работы по образованию потенциала в твердых телах и многочисленные изобретения способствовали развитию ионометрии на современном уровне, включая возможность создания широкой номенклатуры измеряемых ионов, сенсоров на основе полупроводников и датчиков для бесконтактного измерения.

В интересах различных отраслей промышленности, научных исследований медицины, биологии, экологии совместно с другими руководителями работ Владимир Долидзе также развивал традиционные направления организации: спектрометрию, атомную абсорбциометрию, турбидиметрию, кондуктометрию, гигрометрию, титрометрию и др.

Долгие годы В.А. Долидзе был Главным конструктором электрохимического приборостроения.

Значимый этап его деятельности в 70-80-х гг. – это руководство работами по разработке приборов и автоматизированных систем морского назначения. И сегодня эти приборы с успехом выполняют свои функции на многих надводных и подводных судах, обеспечивая надежную работу атомных энергетических установок.

В 1985г. Министр приборостроения СССР М.С. Шкабардня в письме в адрес Президиума Академии наук Грузии подчеркнул: *«Практически все выпускаемые предприятиями Минприбора СССР рН-метры и ионометры созданы с использованием результатов работ В.А. Долидзе».*

Владимир Долидзе в последние годы работал профессором на кафедре информационно-измерительной техники Грузинского технического университета, был членом Комиссии по присуждению ученых степеней, а также - экспертом Американского библиографического

института (АВИ), трудился в НИИ экспериментальной и клинической медицины Тбилисского государственного медицинского университета.

В.А. Долидзе вел активную редакторскую деятельность: принимал участие в составлении и выпуске более тридцати изданий. Под его научным руководством и консультировании выполнены ряд докторских и кандидатских диссертации.

В 1996г. Владимир Александрович под патронажем Инженерной академии основал научный журнал “Georgian Engineering News” (ISSN 1512-0287), и был его бессменным главным редактором. *Основные научные достижения В.А. Долидзе отражены в его трудах. Его разработки отмечены пятью золотыми медалями ВДНХ СССР. В.А. Долидзе является автором около 200 опубликованных работ, 2 монографии, 74 изобретения и 22 зарубежных патента в США, Великобритании, Германии, Франции, Японии и др. странах.*

Владимир Александрович Долидзе имел правительственные награды – “Орден Чести”, орден “Знак Почета”, несколько медалей.

Порой человеку, чтобы прожить насыщенную, яркую жизнь, хватает только одного таланта в какой-либо одной области. Владимир Долидзе был щедро одарен многими выдающимися качествами. Он был подобен химическому элементу - титану: легкий и прочный. Исключительной силы ума и твердости духа, истинный титан науки.

ქართულმა სამეცნიერო და საინჟინრო საზოგადოებამ დიდი დანაკლისი განიცადა. გარდაიცვალა სამეცნიერო-ტექნიკური ინტელიგენციის თვალსაჩინო წარმომადგენელი, სსრკ-ს სახელმწიფო პრემიის ლაურეატი, საქართველოსა და საერთაშორისო საინჟინრო აკადემიების ნამდვილი წევრი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, ჟურნალ „Georgian Engineering News“-ის მთავარი რედაქტორი, პროფესორი ვლადიმერ დოლიძე.

ბატონი ვლადიმერი ერთ-ერთი პიონერი გახლდათ სსრკ-ში pH- და იონომეტრიის ჩამოყალიბების და განვითარების საქმეში. 1956 წლიდან 1993 წლამდე მუშაობდა სამეცნიერო საწარმოო გაერთიანება „ანალიზხელსაწყო“-ში, სადაც გაიარა გზა ინჟინრიდან - გაერთიანების გენერალური დირექტორის მოადგილემდე სამეცნიერო დარგში (1972-1993წწ.)

ვ. დოლიძის მიერ შესრულებული იქნა ფუნდამენტალური სამუშაოები ანალიზური ტექნიკის საშუალებების - პირველადი გარდამქმნელებისა და ხელსაწყოების შემუშავებისათვის.

ვ. დოლიძის მიერ მიღებული შედეგები ფართოდ არის გამოყენებული ელექტროდების, გადამწოდების, pH-მეტრების, იონომეტრების შესაბამის სამეცნიერო-ტექნიკურ დოკუმენტაციებში. მის მიერ შესრულებული სამუშაოების შედეგად შესაძლებელი გახდა pH- და იონომეტრიის საშუალებების ფართომასშტაბიანი წარმოება გომელის საზომი ხელსაწყოების ქარხანაში (ЗИП) და თბილისის სსგ „ანალიზხელსაწყო“-ს ქარხანაში.

მინის ელექტროდის და მასალების ელექტროდული თვისებების თეორიის სამუშაოების ციკლისათვის 1973 წელს ვ. დოლიძეს მიენიჭა სსრკ სახელმწიფო პრემია მეცნიერებისა და ტექნიკის დარგში.

ვ. დოლიძე ავტორი იყო 200-ზე მეტი ნაშრომის, რომლებიც გამოქვეყნებულია პრესტიჟულ გამოცემებში და სამეცნიერო კონფერენციების შრომებში; საავტორო მოწმობების გამოგონებაზე და საზღვარგარეთის პატენტების (აშშ, ინგლისი, გერმანია, იაპონია და სხვ.); სასწავლო სახელმძღვანელოების (ესპანურ ენაზე კუბელი სტუდენტების და სპეციალისტებისთვის), მეთოდური მითითებების, სახელმძღვანელოების და მონოგრაფიების.

1986 წ. ვ. დოლიძე იყო საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის პროფესორი (საინფორმაციო-საზომი ტექნიკის კათედრაზე), ხოლო 2006წ. წელს კონკურსით არჩეული იქნა სრულ პროფესორად.

ბატონი ვლადიმერი ეწეოდა აქტიურ სარედაქციო საქმიანობას, როგორც მთავარი რედაქტორი და რედაქტორი მონაწილეობდა 30-ზე მეტი გამოცემის შედგენასა და გამოშვებაში.

ვ. დოლიძე დაჯილდოვებული იყო „საპატიო ნიშნისა“ და „ღირსების ორდენით“ და სხვა სახელმწიფო ჯილდოებით. მისი სამეცნიერო ხელმძღვანელობით და კონსულტაციით შესრულებულია სადოქტორო და საკანდიდატო დისერტაციები.

ვ. დოლიძე იყო სამეცნიერო ხარისხების მინიჭების სადისერტაციო საბჭოს წევრი და აგრეთვე ამერიკული ბიბლიოგრაფიული ინსტიტუტის ექსპერტი (ABI).

ხანგრძლივი დროის განმავლობაში (1982-1993წწ.) ვ. დოლიძე იყო სსრკ-ს ელექტროქიმიური ხელსაწყოთმშენებლობის სამინისტროს მთავარ კონსტრუქტორი.

ბატონი ვლადიმერი 1996 წლიდან იყო სამეცნიერო ჟურნალ „Georgian Engineering News“-ის მთავარი რედაქტორი.

პროფესორი ვ.დოლიძე ქართული საინჟინრო მეცნიერების ჭეშმარიტად გამორჩეული წარმომადგენელი გახლდათ. მან თავისი მაღალი მოქალაქეობრივი ღირსებით ფართო საზოგადოების პატივისცემა და სიყვარული დაიმსახურა. მის სახელს და ნაღვაწს არ დაივიწყებს მადლიერი შთამომავლობა.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
საქართველოს საინჟინრო აკადემია
ჟურნალ „Georgian Engineering News“-ის რედაქცია

შინაარსი - СОДЕРЖАНИЕ

ვლადიმერ დოლიძის ხსოვნა	3
ბაიფსური ძველი საღაზღვევო კომპანიის ზარალის აღბათობის შესაფასებლად «ხმაურიანი ან» მოდელის საფუძველზე <i>ფრანგიშვილი ა.ი., ნამიჩიშვილი ნ.ი.</i>	9
ხელშეფლამდგრადი კოდევის აბების შესაძლებლობები მსერზე <i>შავგულიძე ს.ა., წიკლაური გ.ზ., ასანიძე ა.გ., მთერაღაშვილი თ.ი.</i>	18
ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВА D-ОПТИМАЛЬНОСТИ ДВУХКОМПОНЕНТНОГО СИМПЛЕКСНОГО ПЛАНА ПЕРВОГО ПОРЯДКА ПРИ НАЛОЖЕНИИ ОТЛИЧАЮЩИХСЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ <i>Бочоридзе Е.В., Берая Н.О., Гварамия Е.Г.</i>	23
ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАЛИЧИЯ РАЗБРОСОВ И ВЫБРОСОВ ПРИ МЕЖЛАБОРАТОРНЫХ СЛИЧЕНИЯХ С ПОМОЩЬЮ КРИТЕРИЯ ГРАББСА <i>Кароян И.Б., Берая Н.О., Токадзе Л.Ш.</i>	27
МНОГОЦЕЛЕВОЕ МОБИЛЬНОЕ ЗОНДОВОЕ УСТРОЙСТВО <i>Микиртичян А.Л., Тутунджян А.А.</i>	32
ჭარბი პაკეტების დამოყვას აღბორითმი მათი დროითი ხანგრძლივობების მიხედვით <i>ნატროშვილი თ.გ., რობიტაშვილი ა.გ.</i>	35
კონტროლაციულ ინტრა და ექსტრაქსელეზში მონაცემთა ბაღაცემის კონტროლის ერთი მეთოდის შესახებ <i>ნატროშვილი თ.გ., რობიტაშვილი ა.გ.</i>	37
ბამონაკლისების საკუთარი კლასების შემუშავება JAVA ენაში <i>გაჩეჩილაძე ლ.ფ., კურკუშული ნ.გ., ნონიკაშვილი ლ.ა.</i>	40
MANAGEMENT OF MACROECONOMIC DYNAMIC MANUFACTURING SYSTEMS <i>Kadagishvili L.G.</i>	43
ГИПОТЕЗА О БАЗОВОМ ОПЕРАТОРЕ ИНДУКТИВНОЙ ЛОГИКИ <i>Лежава Г.Г., Камкамидзе И.Ш., Беркишвили З.И., Мкртычян Э.М., Канделаки М.К., Вардосანიძე А.К.</i>	48
ასურეული ზედაპირის მქონე სიმეტრიული კონცენტრატორის ბათვლა <i>შალამბერიძე დ.მ., ზარდიაშვილი დ.გ., ავალიანი ი.მ., კორძახია ი.ი.</i>	52
ლინზების ცენტრირების მეთოდების ანალიზი <i>ივანიძე ი.დ., კორძახია ი.ი., დეკანოზიშვილი გ.გ., ავალიანი ი.მ.</i>	55
О ПАЛЕОГЕОГРАФИИ АКВАТОРИИ ОЛИГОЦЕН–РАННЕМИОЦЕНОВОГО ПАЛЕО-ЧЕРНОГО МОРЯ <i>Махарадзе А.И.</i>	58
SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF Fe-DOPED CARBON NANOBELTS <i>Kutelia E.R., Rukhadze L.N., Jalabadze N.V., Dzigrashvili T.A., Gventsadze D.I., Tsurtsumia O.O., Kukava T.G.</i>	61
POLYMERIC COMPOSITIONS OBTAINED ON THE BASE OF BISPHENOL-FORMALDEHYDE OLIGOMERS <i>Papava G.Sh., Gurgenishvili M.B., Dokhturashvili N.S., Chitrekishvili I.A., Gavashelidze E.Sh., Gelashvili N.S. and Chubinishvili Z.N.</i>	65

PLASTIC MATERIALS BASED ON NOVOLAC COMPOSITIONS FORMED IN MELT <i>Molodinashvili Z. P., Khetsuriani N.T., Chkhaidze M.N., Topulia E.N., Mchedlishvili I.J. and Shatakishvili T.N.</i>	68
THE EFFECT OF THE HARDENER AND FILLER ON THE PROPERTIES OF NOVOLAC COMPOSITIONS <i>Molodinashvili Z.P., Khetsuriani N.T., Chkhaidze M.N., Goderdzishvili K.G., Mchedlishvili I.J. and Usharauli E.A.</i>	71
MATHEMATICAL-CHEMICAL INVESTIGATION OF HALOGENBENZENES <i>Gverdtseteli M.I., Lobzhanidze L.V., Rtskhiladze N.I.</i>	73
MODELING OF THE SYNTHESIS OF SULFANILAMIDE DIGLUCOSIDE BY A QUANTUM CHEMICAL METHOD <i>Shengelia N.G., Pachulia Z.V., Tabatazde L.V., Gakhokidze R.A.</i>	75
РОЛЬ ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ РАСТЕНИЯ В УСТОЙЧИВОСТИ К ИНФЕКЦИОННЫМ ЗАБОЛЕВАНИЯМ <i>Канчавели Ш.С.</i>	79
СВЕРХЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ КАК ФАКТОР ИММУНИТЕТА РАСТЕНИЙ <i>Канчавели Ш.С.</i>	83
МЕДИЦИНСКИЙ И БИОАКТИВНЫЙ ТЕКСТИЛЬ <i>Паилодзе Н.О., Буадзе Е.П., Бочоршвили Р.И.</i>	86
მოზარდებისათვის რაციონალური ჩასაყვანი ორთოლაბაჟის მიღების ინოვაციური მეთოდი <i>ქათამაძე ა.გ. კიკნაველიძე ლ.გ.</i>	88
<i>ვლადიმერ ვაღიურაშვილი – 80</i>	91
<i>ელზარდ ბერსამია – 80</i>	93

ბაიესური ძველი საღაზღვემო კომპანიის ზარალის ალბათობის შესაფასებლად
«ხმაურიანი ან» მოდელის საფუძველზე

ფრანგიშვილი ა.ი., ნამიჩიშვილი ნ.ო.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

შესავალი. ცოდნის წარმოდგენამ და დასკვნის გამოტანამ ამ წარმოდგენებიდან მრავალი მოდელი დაბადა. ალბათური გრაფიკული მოდელები და კერძოდ 1980-იან წლებში ჯუდია პერლის (Judea Pearl) მიერ შემოტანილი ბაიესური ქსელები [1] ძალიან პრაქტიკული ინსტრუმენტი აღმოჩნდა განუსაზღვრელი ცოდნის წარმოსადგენად და დასკვნის გამოსატანად არასრული ინფორმაციიდან.

ბაიესური $\mathfrak{B} = (G, \theta)$ ქსელი განისაზღვრება შემდეგი კომპონენტებით:

- $G = (X, E)$ მიმართული (ორიენტირებული) აციკლური გრაფით, რომლის წვეროები დაკავშირებულია შემთხვევითი ცვლადების $X = \{X_1, \dots, X_n\}$ სიმრავლესთან;
- ყოველი X_i კვანძის G გრაფში წარმოდგენილი მისი $Pa(X_i)$ მშობლების მიმართ პირობითი ალბათობების $\theta = \{P(X_i | Pa(X_i))\}$ სიმრავლით.

ამრიგად, ბაიესური ქსელის გრაფიკული ნაწილი ასახავს დამოკიდებულებას ან დამოუკიდებლობას ცვლადებს შორის და ცოდნის წარმოდგენის ვიზუალურ საშუალებას იძლევა, რომელიც გაცილებით უფრო გასაგებია ამ ცვლადების გამომყენებლისათვის. გარდა ამისა, ალბათობათა გამოყენება განუსაზღვრელობის გათვალისწინების საშუალებასაც იძლევა ცვლადებს შორის დამოკიდებულებათა რაოდენობრივი შეფასების გზით. ეს ორი თვისება თავდაპირველად საფუძველად ედო ბაიესური ქსელების სახელწოდებას - «ალბათური საექსპერტო სისტემები», სადაც გრაფი გაიფიქრებული იყო კლასიკურ საექსპერტო სისტემის წესებისა და ამ წესებზე განუსაზღვრელობის რაოდენობრივი შეფასების ამსახველი პირობითი ალბათობების სიმრავლესთან.

ჯ. პერლმა და მისმა თანაავტორებმა ასევე უჩვენეს, რომ ბაიესურმა ქსელებმა საშუალება მისცა მათ კომპაქტურად წარმოედგინათ ცვლადთა სიმრავლესთან დაკავშირებული ალბათობების განაწილება:

$$P(X_1, X_2, \dots, X_n) = \prod_{i=1}^n P(X_i | Pa(X_i)).$$

გლობალური ფუნქციის ეს დაშლა (დეკომპოზიცია) ლოკალური გამოსახულებების ნამრავლად, რომლებიც დამოკიდებულია მხოლოდ შესაბამის კვანძსა და მის მშობლებზე გრაფში, არის ბაიესური ქსელების ძირითადი, ფუნდამენტური თვისება. ეს საფუძველი გახდა დასკვნის გამოტანის იმ ალგორითმების დასამუშავებლად, რომლებითაც მოდელის ნებისმიერი ცვლადის ალბათობის გაანგარიშება ხდება სხვა ცვლადების ამავე კერძო დაკვირვებიდან.

ეს პრობლემა, როგორც დამტკიცდა, NP-სრული ამოცანების კლასს მიეკუთვნება, მაგრამ მან მიგვიყვანა სხვადასხვა ალგორითმამდე, რომლებიც შეიძლება გაუტოლდეს გრაფში ინფორმაციის გავრცელების (პროპაგაციის) მეთოდებს. ცხადია, ეს მეთოდები იყენებს $P(X_i | X_j)$ პირობითი ალბათობის ცნებას (როგორია X_i ცვლადის ალბათობა, თუ ცნობილია, რომ დაკვირვებული იყო X_j ცვლადი) და ასევე ბაიესის თეორემას, რომელიც, $P(X_i | X_j)$ ალბათობის ცოდნისას, პირიქით, X_j ცვლადის ალბათობის დადგენის საშუალებას იძლევა X_i ცვლადის პირობებში.

უნდა აღინიშნოს, რომ ტერმინი «ბაიესური ქსელი» აბნევს კიდევ სინამდვილეში იგი არ წარმოადგენს ბაიესურ მოდელს ამ ტერმინის წმინდა სტატისტიკური გაგებით, რომელიც გულისხმობს კანონის განსაზღვრას ცვლადის აპრიორული პარამეტრებით, ხოლო შემდეგ ამ კანონის ცვლილებას მიღებული მონაცემების გამოყენებით. ზუსტად რომ ვთქვათ, ბაიესური ქსელის სახელწოდებით დღეს ცნობილია ალბათური გრაფიკული მოდელი, რომელიც ბაიესის თეორემას იყენებს მხოლოდ «ლოგიკური დასკვნისათვის».

პრობლემის მოდელირებამ ბაიესური ქსელით, შემდეგ დასკვნის გამოტანის ალგორითმების გამოყენებამ, აქციეს ბაიესური ქსელი იდეალურ ინსტრუმენტად მსჯელობისა და დიაგნოსტიკისათვის არასრული ინფორმაციის პირობებში.

ბაიესური ქსელი ცვლადების სიმრავლესთან დაკავშირებული ალბათობის კანონის ეფექტურ მოდელირებას ახდენს. ამიტომ იგი განსაკუთრებით შესაბამისი ფორმალისშია სტოქასტიკური შერჩევის მეთოდის გამოსაყენებლად. ეს კი მოდელირებისათვის საჭირო სასურველი მონაცემების გენერირების საშუალებას იძლევა. მაშასადამე, ბაიესური ქსელი მოდელირების ინსტრუმენტია, რაც სისტემაზე დაკვირვების საშუალებას აძლევს ექსპერტს ისეთ ვითარებაში, როცა სისტემის სავალდებულო ტესტირების შესაძლებლობა არც კი არსებობს.

დასკვნის გამოტანის ალგორითმებთან პარალელურად, შემოთავაზებული იყო სხვა მიდგომებიც ანალიზისადმი, გამომდინარე მონაცემებიდან ან ექსპერტიზებიდან, ასევე ცნობილი სტრუქტურის ბაიესური ქსელის ცვლადებს შორის დამოკიდებულებათა რაოდენობრივად ამსახველი პირობითი ალბათობებიდან. ამიტომ ასეთი რაოდენობრივი შეფასებების მეთოდების დამკვიდრება, განსაკუთრებით სადაზღვევო ინდუსტრიაში, მნიშვნელოვანია.

მათი უპირატესობაა ექსპერტის ჩართვის შესაძლებლობა რამდენიმე დონეზე, ასევე საჭირო პარამეტრების მთლიანად განსაზღვრა ალბათობათა ელისიტაციის ან სხვა მეთოდით, რომელიც დამუშავებულია ცოდნათა ინჟინერიაში. საპირისპიროდ ამისა, შეიძლება ასეთი გამოთვლების ჩასატარებლად მხოლოდ ექსპერტიზებული მონაცემებით სარგებლობა სტატისტიკურ შეფასებათა მეთოდების გამოყენებით. ამ ორ ალტერნატიულ მიდგომას შორის შეფასების ბაიესური მეთოდები დგას. ისინი სტატისტიკური მონაცემებისა და ექსპერტის მიერ დადგენილი აპრიორული ცოდნის ერთობლივად გამოყენების საშუალება იძლევა.

ხმაურიანი ან ელემენტის მოდელი. ზოგიერთ სისტემაში, სადაც ნდობის ბაიესური ქსელია რეალიზებული, გამოიყენება ე.წ. Noisy-Or gate ანუ ხმაურიანი ან ელემენტის მეთოდი, რომელიც გამოთვლის პროცესის არსებითი გამარტივების საშუალებას იძლევა. მისი არსი მდგომარეობს იმაში, რომ ქსელში Y წვერო (ეფექტი ანუ შედეგი) შეიძლება იყოს პირობითად დამოუკიდებელი მთელი რიგი X_i წვეროსგან (მიზეზისგან), სადაც $i = 1, 2, \dots, n$. იმისათვის, რომ შემცირდეს 2^n რაოდენობის ალბათობათა შეფასება, რომლებიც საჭიროა პირობით ალბათობათა ცხრილების გამოყენებისას, სწორედ მოცემულ მეთოდს მიმართავენ.

ხმაურიანი ან ელემენტის მოდელი (Noisy-OR gate model) არის მიზეზ-შედეგობრივ ზემოქმედებისგან დამოუკიდებელ მოდელებად ცნობილი (ICI – Independence of Causal Influences) ოჯახის წარმომადგენელი [2-14]. ამ მოდელს გამარტივების მიზნით საფუძვლად უდევს დაშვება იმის შესახებ, რომ სამოდელირებელ მიზეზებსა და მათი მოქმედების საერთო ეფექტს (შედეგს) შორის მიზეზ-შედეგობრივი დამოკიდებულება არ არსებობს.

სიტყვა «ხმაურიანი» ასახავს იმ ფაქტს, რომ თანამოქმედება მიზეზ(ებ)სა და ეფექტს (შედეგს) შორის არ არის დეტერმინირებული და, ამრიგად, დასაშვებია ეფექტის (შედეგის) არსებობა სამოდელირებელი მიზეზების გარეშე. შეიძლება ჩაითვალოს, რომ ხმაურიანი ან ელემენტი (Noisy-OR gate) არის დეტერმინირებული ბინარული (ორობითი) ან მოდელის ალბათური გაფართოება.

ხმაურიანი ან-ის (Noisy-OR) მოდელი ფორმალურად შეიძლება აღიწეროს სათანადო განტოლებებით რამდენიმე შესაძლო X_1, X_2, \dots, X_n მიზეზისა და Y ეფექტისათვის ორი დაშვების პირობებში: ა) ყოველ X_i მიზეზს შეუძლია გარკვეული ალბათობით გამოიწვიოს ხსენებული Y ეფექტი დანარჩენი მიზეზების არარსებობისას და ბ) ყოველი მიზეზი საკმარისად დამოუკიდებელია სხვა მიზეზებისგან. მაშასადამე:

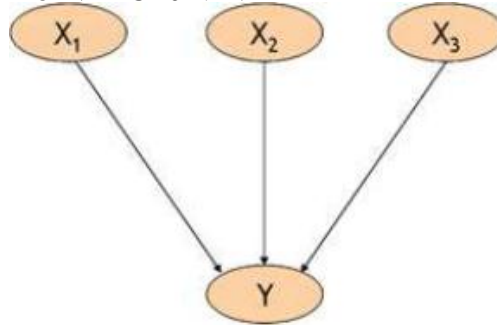
$$P_i = P(y | x_i \text{ მარტოოდენ}) = P(y | x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_{n-1}, x_{n-2}).$$

P_i ალბათობას სხვანაირად ბმის ალბათობასაც უწოდებენ (link probability) და იგი გამოხატავს მიზეზ-შედეგობრივი სიმტკიცის დონეს სხვა მიზეზების არარსებობისას. ნაჩვენებია [1], რომ Y ეფექტის ალბათობა მოცემული $X_p \equiv X_p(x_i \text{ აქტიური})$ ქვესიმრავლის პირობებში შემდეგი თანაფარდობით განისაზღვრება:

$$P(y | X_p) = 1 - \prod_{i|x_i \in X_p} (1 - p_i),$$

სადაც p ინდექსი X_p ნოტაციაში შეესაბამება ინგლისურ სიტყვას *present*, რაც მოცემულ შემთხვევაში ნიშნავს მიმდინარე მომენტში აქტივირებული (ე.ი. ინვერსიის, უარყოფის ნიშნის გარეშე ჩაწერილი) მიზეზების ერთობლიობას.

სადაზღვევო კომპანიის ზარალის ალბათობის შეფასება. ნახ. 1-ზე მოცემულ აბსტრაქტულ ბაიესურ ქსელს კონკრეტული შინაარსი მივცეთ სადაზღვევო ინდუსტრიის პრობლემათა გადასაჭრელად.



ნახ. 1. მარტივი ბაიესური ქსელი სადაზღვევო კომპანიის ზარალის ალბათობის შესაფასებლად

სახელდობრ, დავუშვათ, რომ სადაზღვევო კომპანიამ შეიძლება ზარალი განიცადოს მართვის შეცდომის (X_1 მშობელი), სელექციური შეცდომის (საინვესტიციოდ ობიექტის შერჩევისას დაშვებული შეცდომის, X_2 მშობელი) და თაღლითური სარჩლის (X_3 მშობელი) გამო, ხოლო თავად ზარალი, რომელიც შეიძლება ამ მიზეზებს თან ახლდეს, ჩავთვალოთ Y შვილად. ოთხივე სიდიდე ბინარულ შემთხვევით ცვლადებად მივიჩნიოთ ლოგიკური True/ჭეშმარიტი (y, x_1, x_2, x_3) და False/მცდარი ($\bar{y}, \bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3$) მნიშვნელობებით.

«Noisy-OR» («ხმაურიანი ან») მოდელის მიერ ხდება განუსაზღვრელობის (საეჭვოობის, უცნობობის) ჩაშენება (ინკორპორირება) მშობლის კვანძისა და შვილის კვანძის მიზეზ-შედეგობრივ (კაუზალურ) დამოკიდებულებაში - კავშირში მშობელსა (მიზეზსა) და შვილს (შედეგს) შორის, რომელსაც, ჩვენს მაგალითში სადაზღვევო სფეროდან, გააჩნია შემთხვევითი ხასიათი და ასეთი კავშირი უკვე არ არის დეტერმინისტული. ამიტომ ზარალი, ბუნებრივია, მივიჩნიოთ შემთხვევით ორობით სიდიდედ. მართლაც, სადაზღვევო კომპანიას შეიძლება გააჩნდეს მართვის შეცდომა (მიზეზი, მშობელი) ზარალის (შედეგის, შვილის) გარეშე, რაც იმას ნიშნავს, რომ შეცდომამ მართვაში გავლენა ზარალზე ამ შემთხვევაში არ იქონია. მაგალითი ემორჩილება ორ ჰიპოთეზასაც. ჯერ ერთი, უეჭველია, რომ ყველა შესაძლო მიზეზი (საბაბი, საფუძველი) ადვილად ინომრება. (თუ ზოგიერთი მიზეზი გვაკლია, ყოველთვის შესაძლებელია არარსებული კვანძის დამატება, რომელიც აღმოჩნდება კატეგორიაში «სხვა მიზეზი»). მეორე და, ნებისმიერი მშობლის ზემოქმედება (კომპანიის ზარალთან მიმართებაში) დამოუკიდებელია ყველა დანარჩენი მშობლის ზემოქმედებისგან. მაგალითად, ის, რაც ხელს უშლის მართვის შეცდომას გამოიწვიოს კომპანიის დანაკარგის პროვოცირება, დამოუკიდებელია იმისგან, რაც ხელს უშლის სელექციურ შეცდომას გამოიწვიოს კომპანიის დანაკარგების პროვოცირება.

ამ პირობებში საკმარისია შემოვიტანოთ არსებულ სტატისტიკაზე ან ექსპერტთა აზრზე დაყრდნობით მხოლოდ სამი შემდეგი ალბათობა:

- $P_{\text{მართვა}} =$ ზარალის გამომწვევი მართვის შეცდომის ალბათობა | სხვა მიზეზების არარსებობისას;

- $P_{სელექცია} =$ ზარალის გამომწვევი სელექციური შეცდომის (საინვესტიციოდ ობიექტის შერჩევისას დაშვებული შეცდომის) ალბათობა | სხვა მიზეზების არარსებობისას;
- $P_{თაღლითობა} =$ ზარალის გამომწვევი თაღლითური სარჩელის ალბათობა | სხვა მიზეზების არარსებობისას.

შემოვიღოთ ამ ალბათობებისათვის რიცხვითი მნიშვნელობები, მაგალითად, ასეთი:

$$\left. \begin{aligned} P_{მართვა} &= P(\text{ზარალი} | \overline{\text{მართვა}}, \overline{\text{სელექცია}}, \overline{\text{თაღლითობა}}) = 0.4 \\ P_{სელექცია} &= P(\text{ზარალი} | \overline{\text{მართვა}}, \overline{\text{სელექცია}}, \text{თაღლითობა}) = 0.8 \\ P_{თაღლითობა} &= P(\text{ზარალი} | \overline{\text{მართვა}}, \text{სელექცია}, \overline{\text{თაღლითობა}}) = 0.9 \end{aligned} \right\} .$$

მაშინ პირობით ალბათობათა მთელი სიმრავლე მოცემული იქნება ცხრ. 1-ში.

ცხრილი 1. პირობით ალბათობათა მთლიანი ცხრილი ზარალით მუშაობის შემთხვევაში

No k	მართვა X_1	სელექცია X_2	თაღლითობა X_3	მიზეზ-შედგობრივი ბმის ალბათობა P_{ky} $Y - \text{ზარალი}$
	$(\tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \tilde{x}_3)_k$			
1	x_1	x_2	x_3	$P_{1y} = 1 - (1 - p_4)(1 - p_6)(1 - p_7)$ $1 - (1 - 0.4)(1 - 0.8)(1 - 0.9) = 0.988$
2	x_1	x_2	$\overline{x_3}$	$P_{2y} = 1 - (1 - p_4)(1 - p_6)$ $1 - (1 - 0.4)(1 - 0.8) = 0.88$
3	x_1	$\overline{x_2}$	x_3	$P_{3y} = 1 - (1 - p_4)(1 - p_7)$ $1 - (1 - 0.4)(1 - 0.9) = 0.94$
4	x_1	$\overline{x_2}$	$\overline{x_3}$	$P_{4y} = p_4$ 0.4 ექსპერტის შეფასებით
5	$\overline{x_1}$	x_2	x_3	$P_{5y} = 1 - (1 - p_6)(1 - p_7)$ $1 - (1 - 0.8)(1 - 0.9) = 0.980$
6	$\overline{x_1}$	x_2	$\overline{x_3}$	$P_{6y} = p_6$ 0.8 ექსპერტის შეფასებით
7	$\overline{x_1}$	$\overline{x_2}$	x_3	$P_{7y} = p_7$ 0.9 ექსპერტის შეფასებით
8	$\overline{x_1}$	$\overline{x_2}$	$\overline{x_3}$	$P_{8y} = 1 - (1 - 0)(1 - 0)(1 - 0)$ $1 - (1 - 0)(1 - 0)(1 - 0) = 0.0$

ამ მეთოდის ნაკლი ის არის, რომ იგი ნულოვან შეფასებას აძლევს ალბათობას $P_{8y} = P(\text{ზარალი} | \overline{\text{მართვა}}, \overline{\text{სელექცია}}, \overline{\text{თაღლითობა}})$, თუმცა ზარალს შეიძლება ადგილი ჰქონდეს მართვის შეცდომის, სელექციური შეცდომის (საინვესტიციოდ ობიექტის შერჩევისას დაშვებული შეცდომის) და თაღლითური სარჩელის გარეშე. ეს იმიტომ ხდება, რომ ქსელი არ ითვალისწინებს სადაზღვევო ოპერაციებთან დაკავშირებულ სხვა მრავალ მიზეზსაც, რომელსაც ზარალი ახლავს (ცხრ. 2).

ცხრილი 2. სადაზღვევო ოპერაციებთან დაკავშირებული ზარალის შესაძლო მიზეზები

ტექნიკური		საინვესტიციო	არატექნიკური	საექსპერტო
მიმდინარე	სპეციალური			
თარიღების არასაკმარისობა სადაზღვევო ოპერაციათა ფაქტობრივი წამგებიანობის მიმართ	სადაზღვევო ხდომილების ხასიათის და გარემოებათა ცვლილება	აქტივების შეფასების არაადეკვატურობა	საკანონმდებლო ბაზის ცვლილება	თაღლითური სადაზღვევო პრეტენზიის შეფასება ლეგიტიმურ პრეტენზიად
შეცდომა ვალდებულებათა დასაფარავად აუცილებელი სადაზღვევო ფონდის სახსრების კალკულაციასა და წინაპირობათა არჩევაში	შეცდომა საინვესტიციო ობიექტის შერჩევაში (სელექციის შეცდომა)	აქტივების გაუფასურება	ეკონომიკის საერთო მდგომარეობასთან დაკავშირებული ბიზნესის რისკი	
ზარალის კუმულაცია	სადაზღვევო პორტფელის შედგენილობისა და სტრუქტურის ცვლილება ნავარაუდევთან შედარებით	აქტივების ფულად სახსრებში სწრაფი გადაყვანის შეუძლებლობა (აქტივების არალიკვიდობა)	მზღვეველის ორგანიზაციულ-სამართლებრივი ფორმით განპირობებული რისკი	
		მომგებიანობის ნორმის რისკი (მოგების შეფარდება აქტივებთან, კაპიტალთან)	მართვის რისკი	
		მონაწილეობის რისკი	დებიტორებისგან თანხის არმიღების (არასრულად მიღების) რისკი	
		დროითი რისკი		

ცხრილი 3. პირობითი ალბათობის მთლიანი ცხრილი უდანაკარგოდ მუშაობის შემთხვევაში

No	მართვა	სელექცია	თაღლითობა	მიზეზ-შედევობრივი ბმის ალბათობა
k	X_1	X_2	X_3	$\frac{P_{k\bar{y}}}{\bar{Y} - \text{ზარალი}}$
	$(\tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \tilde{x}_3)_k$			
1	x_1	x_2	x_3	$P_{1\bar{y}} = P_{1y} = 1 - 0.988 = 0.012$
2	x_1	x_2	\bar{x}_3	$P_{2\bar{y}} = P_{2y} = 1 - 0.88 = 0.12$
3	x_1	\bar{x}_2	x_3	$P_{3\bar{y}} = P_{3y} = 1 - 0.94 = 0.06$
4	x_1	\bar{x}_2	\bar{x}_3	$P_{4\bar{y}} = P_{4y} = 1 - 0.4 = 0.6$ ექსპერტის შეფასებით
5	\bar{x}_1	x_2	x_3	$P_{5\bar{y}} = P_{5y} = 1 - 0.98 = 0.02$
6	\bar{x}_1	x_2	\bar{x}_3	$P_{6\bar{y}} = P_{6y} = 1 - 0.8 = 0.2$ ექსპერტის შეფასებით
7	\bar{x}_1	\bar{x}_2	x_3	$P_{7\bar{y}} = P_{7y} = 1 - 0.9 = 0.1$ ექსპერტის შეფასებით
8	\bar{x}_1	\bar{x}_2	\bar{x}_3	$P_{8\bar{y}} = P_{8y} = 1 - 0.0 = 1.0$

ასევე შეიძლება დადგინდეს პირობითი მიზეზ-შედევობრივი ბმის ალბათობების ცხრილი იმ შემთხვევაშიც, როცა წინა სამი (მართვის შეცდომის, სელექციური

შეცდომის საინვესტიციოდ ობიექტის შერჩევასა და თაღლითური სარჩელის ფაქტორის პირობებში ზარალს ადგილი არ აქვს.

ამ მიზნით ხსენებული ფაქტორების ყოველი კომბინაციისათვის სადაზღვევო კომპანიის უდანაკარგო მდგომარეობის $P_{k\bar{y}}$ ($k=1,2,\dots,2^n$) ალბათობა უბრალოდ დაიყ-

ვანება შემდეგ ფორმულამდე: $P_{k\bar{y}} = P_{ky}$ ($k=1,2,\dots,2^n$), რაც ასახულია ცხრ. 3-ში.

შეფასებათა შეთანხმებულობის შემოწმება. ექსპერტის შეფასებათა ანალიზურ შედეგთან თანხვედრის შემოწმების საშუალებას შეთანხმებულობის ტესტი იძლევა. სახელდობრ, ხმაურიანი ან-ის მოდელში ტესტი მდგომარეობს ექსპერტის მიერ შეფასებული $P_{ექსპ}(Y)$ ალბათობის შედარებაში სრულ (ჯამურ) ალბათობათა ფორმას-

თან $P(Y)$ სიდიდისათვის, რომელსაც, მაგალითად, ოთხი (Y, X_1, X_2, X_3) ცვლადის პირობებში შემდეგი სახე ექნება:

$$\begin{aligned}
 P(Y) = & P(Y=y | X_1=x_1, X_2=\bar{x}_2, X_3=\bar{x}_3) \times P(X_1=x_1, X_2=\bar{x}_2, X_3=\bar{x}_3) + \\
 & + P(Y=y | X_1=\bar{x}_1, X_2=x_2, X_3=x_3) \times P(X_1=\bar{x}_1, X_2=x_2, X_3=x_3) + \\
 & + P(Y=y | X_1=\bar{x}_1, X_2=x_2, X_3=\bar{x}_3) \times P(X_1=\bar{x}_1, X_2=x_2, X_3=\bar{x}_3) + \\
 & + P(Y=y | X_1=x_1, X_2=\bar{x}_2, X_3=x_3) \times P(X_1=x_1, X_2=\bar{x}_2, X_3=x_3) + \\
 & + P(Y=y | X_1=\bar{x}_1, X_2=\bar{x}_2, X_3=x_3) \times P(X_1=\bar{x}_1, X_2=\bar{x}_2, X_3=x_3) + \\
 & + P(Y=y | X_1=x_1, X_2=x_2, X_3=\bar{x}_3) \times P(X_1=x_1, X_2=x_2, X_3=\bar{x}_3) + \\
 & + P(Y=y | X_1=\bar{x}_1, X_2=\bar{x}_2, X_3=\bar{x}_3) \times P(X_1=\bar{x}_1, X_2=\bar{x}_2, X_3=\bar{x}_3) + \\
 & + P(Y=y | X_1=x_1, X_2=x_2, X_3=x_3) \times P(X_1=x_1, X_2=x_2, X_3=x_3).
 \end{aligned} \tag{1}$$

თუ შედეგი სწორი არ არის, ე.ი. $P(Y) \neq P_{ექსპ}(Y)$, მაშინ საჭიროა შეფასებათა გასწორება:

- ან ხელით - ექსპერტის მიერ ალბათობების გადაფასებით, ე.ი. ხელახლად შეფასებით;
- ან ავტომატურად - ალბათობათა ცვლილებით მათი თანაფარდობის დაურღვევლად, ვიდრე არ შესრულდება მისაღები სიზუსტით ორი გზით დადგენილ ალბათობათა ტოლობა.

თუ სადაზღვევო კომპანიის Y ზარალს განაპირობებს მხოლოდ სამი ფაქტორი - X_1 მართვა, X_2 სელექცია და X_3 თაღლითობა, მაშინ საკმარისია თითოეული ამ ოთხი (Y, X_1, X_2, X_3) ცვლადის მარგინალური ალბათობები განსაზღვროს ექსპერტმა სათანადო თანაფარდობებით:

$$\left. \begin{aligned}
 P_{ექსპ}(Y) & \equiv P_{ექსპ}(Y=y) = P(\text{ზარალი} = \text{«კი»}) \\
 P(X_1=x_1) & = P(\text{მართვა} = \text{«კი»}) \\
 P(X_2=x_2) & = P(\text{სელექცია} = \text{«კი»}) \\
 P(X_3=x_3) & = P(\text{თაღლითობა} = \text{«კი»})
 \end{aligned} \right\}. \tag{2}$$

პირველი ფორმულის ყოველი მეორე თანამამრავლისათვის კი გვაქვს:

$$\left. \begin{aligned}
 P(X_1 = x_1, X_2 = \bar{x}_2, X_3 = \bar{x}_3) &= P(x_1)(1 - P(x_2))(1 - P(x_3)) \\
 P(X_1 = \bar{x}_1, X_2 = x_2, X_3 = x_3) &= (1 - P(x_1))P(x_2)P(x_3) \\
 P(X_1 = \bar{x}_1, X_2 = x_2, X_3 = \bar{x}_3) &= (1 - P(x_1))P(x_2)(1 - P(x_3)) \\
 P(X_1 = x_1, X_2 = \bar{x}_2, X_3 = x_3) &= P(x_1)(1 - P(x_2))P(x_3) \\
 P(X_1 = \bar{x}_1, X_2 = \bar{x}_2, X_3 = x_3) &= (1 - P(x_1))(1 - P(x_2))P(x_3) \\
 P(X_1 = x_1, X_2 = x_2, X_3 = \bar{x}_3) &= P(x_1)P(x_2)(1 - P(x_3)) \\
 P(X_1 = \bar{x}_1, X_2 = \bar{x}_2, X_3 = \bar{x}_3) &= (1 - P(x_1))(1 - P(x_2))(1 - P(x_3)) \\
 P(X_1 = x_1, X_2 = x_2, X_3 = x_3) &= P(x_1)P(x_2)P(x_3)
 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

უკანასკნელი სამი ფორმულისა და პირველი ცხრილის მონაცემთა გათვალისწინებით, მივიღებთ:

$$\begin{aligned}
 P(Y) &= P(Y = y | X_1 = x_1, X_2 = \bar{x}_2, X_3 = \bar{x}_3)P(x_1)(1 - P(x_2))(1 - P(x_3)) + \\
 &+ P(Y = y | X_1 = \bar{x}_1, X_2 = x_2, X_3 = x_3)(1 - P(x_1))P(x_2)P(x_3) + \\
 &+ P(Y = y | X_1 = \bar{x}_1, X_2 = x_2, X_3 = \bar{x}_3)(1 - P(x_1))P(x_2)(1 - P(x_3)) + \\
 &+ P(Y = y | X_1 = x_1, X_2 = \bar{x}_2, X_3 = x_3)P(x_1)(1 - P(x_2))P(x_3) + \\
 &+ P(Y = y | X_1 = \bar{x}_1, X_2 = \bar{x}_2, X_3 = x_3)(1 - P(x_1))(1 - P(x_2))P(x_3) + \\
 &+ P(Y = y | X_1 = x_1, X_2 = x_2, X_3 = \bar{x}_3)P(x_1)P(x_2)(1 - P(x_3)) + \\
 &+ P(Y = y | X_1 = \bar{x}_1, X_2 = \bar{x}_2, X_3 = \bar{x}_3)(1 - P(x_1))(1 - P(x_2))(1 - P(x_3)) + \\
 &+ P(Y = y | X_1 = x_1, X_2 = x_2, X_3 = x_3)P(x_1)P(x_2)P(x_3).
 \end{aligned}$$

ახლა კი ეს $P(Y)$ ალბათობა საკმარისია შეფასდეს ექსპერტის მიერ მოცემულ $P_{ახს} (Y = y)$ სიდიდეს და დადგინდეს ამ ორ მნიშვნელობათა თანხმობის ხარისხი.

რიცხვითი მაგალითი. სიმარტივისათვის ამ ალგორითმის სადემონსტრაციოდ, მაგალითად, დავუშვათ, რომ Y ზარალს განაპირობებს, მე[14] ნაშრომის შესაბამისად, მხოლოდ ორი ფაქტორი - X_1 შეცდომა და X_2 სუსტი მართვა, ხოლო ექსპერტს განსაზღვრული აქვს თითოეული ცვლადის მარგინალური ალბათობები შემდეგი თანაფარდობებით:

$$\left. \begin{aligned}
 P(Y = y) &= P(\text{ზარალი} = \text{«კი»}) = 0.0002 \\
 P(X_1 = x_1) &= P(\text{შეცდომა} = \text{«კი»}) = 0.001 \\
 P(X_2 = x_2) &= P(\text{სუსტი მართვა} = \text{«კი»}) = 0.0001
 \end{aligned} \right\} .$$

ჩავთვალოთ აგრეთვე, რომ ექსპერტმა ამ შემთხვევაში შესაძლებელი ოთხი პირობითი ალბათობიდან შემდეგი ორიც განსაზღვრა:

$$\left. \begin{aligned}
 P(\text{ზარალი} = \text{«კი»} | \text{შეცდომა} = \text{«კი»}, \text{სუსტი მართვა} = \text{«არა»}) &= 0.1 \\
 P(\text{ზარალი} = \text{«კი»} | \text{შეცდომა} = \text{«არა»}, \text{სუსტი მართვა} = \text{«კი»}) &= 0.99
 \end{aligned} \right\} .$$

მაშინ აქედან დავადგენთ დანარჩენ ორ ალბათობასაც:

$$\left. \begin{aligned}
 P(\text{ზარალი} = \text{«კი»} | \text{შეცდომა} = \text{«კი»}, \text{სუსტი მართვა} = \text{«კი»}) &= \\
 = 1 - (1 - 0.1) * (1 - 0.99) &= 1 - 0.009 = 0.991 \\
 P(\text{ზარალი} = \text{«კი»} | \text{შეცდომა} = \text{«არა»}, \text{სუსტი მართვა} = \text{«არა»}) &= 0.0
 \end{aligned} \right\} .$$

როგორც ვხედავთ, ამ მეთოდის სუსტი მხარე ის არის, რომ იგი ნულის ტოლად მიიხსნევს $P(\text{ზარალი} = \text{«კი»} | \text{შეცდომა} = \text{«არა»}, \text{სუსტი კონტროლი} = \text{«არა»})$ ალბათობას.

თუ ამ მაგალითში მივმართავთ ტესტირებას, მაშინ მივიღებთ;

$$P(Y = y) = P(Y = y | X_1 = x_1, X_2 = \bar{x}_2) \times P(X_1 = x_1, X_2 = \bar{x}_2) + \left. \begin{aligned} &+ P(Y = y | X_1 = \bar{x}_1, X_2 = x_2) \times P(X_1 = \bar{x}_1, X_2 = x_2) + \\ &+ P(Y = y | X_1 = x_1, X_2 = x_2) \times P(X_1 = x_1, X_2 = x_2) + \\ &+ P(Y = y | X_1 = \bar{x}_1, X_2 = \bar{x}_2) \times P(X_1 = \bar{x}_1, X_2 = \bar{x}_2) \end{aligned} \right\}$$

ვინაიდან აქ

$$\left. \begin{aligned} P(X_1 = x_1, X_2 = \bar{x}_2) &= P(X_1 = x_1) * P(X_2 = \bar{x}_2) = P(X_1 = x_1) * (1 - P(X_2 = x_2)) = \\ &= 0.001 * (1 - 0.0001) = 0.001 * 0.9999 = 0.0009999 \\ P(X_1 = \bar{x}_1, X_2 = x_2) &= P(X_1 = \bar{x}_1) * P(X_2 = x_2) = (1 - P(X_1 = x_1)) * P(X_2 = x_2) = \\ &= (1 - 0.001) * 0.0001 = 0.999 * 0.0001 = 0.0000999 \\ P(X_1 = x_1, X_2 = x_2) &= P(X_1 = x_1) * P(X_2 = x_2) = 0.001 * 0.0001 = 0.0000001 \\ P(X_1 = \bar{x}_1, X_2 = \bar{x}_2) &= P(X_1 = \bar{x}_1) * P(X_2 = \bar{x}_2) = (1 - P(X_1 = x_1)) * (1 - P(X_2 = x_2)) = \\ &= (1 - 0.001) * (1 - 0.0001) = 0.999 * 0.9999 = 0.9989001 \end{aligned} \right\}$$

ამიტომ

$$P(Y = y) = 0.1 * 0.0009999 + 0.99 * 0.0000999 + 0.991 * 0.0000001 + 0.0 * 0.9989001 = 0.00009999 + 0.000098901 + 0.0000000991 + 0.0 = 0.0001989901.$$

ექსპერტმა კი ეს ალბათობა შეაფასა $P(Y = y) = P(\text{ზარალი} = \text{«კი»}) = 0.0002$ სიდიდით, რაც საკმაოდ ახლოს არის ანალიზურად დადგენილთან და, მაშასადამე, მისაღებია.

დასკვნა. «ხმაურიანი ან» მოდელი პირველად პერლის მიერ იყო შემოთავაზებული [1] და გამოყენებული მომდევნო კვლევებში [9, 11, 12, 13]. მაგრამ მოდელის გავრცობა მოხდა, უმთავრესად, სამედიცინო დიაგნოსტიკაში – შემთხვევაზე, როცა დიაგნოზის არსის მქონე Y ცვლადი (შვილი) ჭეშმარიტი შეიძლება იყოს ყოველგვარი სიმპტომის არსის მქონე X_i ($1 = \bar{1}, n$) მშობლის გარეშე ([2] კვაზიხმაურიანი ან-ელემენტი) და ასევე იმ შემთხვევაზეც, როცა ცვლადები მრავალნიშნაა და არა ბინარული ([2, 3] – განზოგადებული ხმაურიანი ან-ელემენტი, [4] - ხმაურიანი MAX-ელემენტი).

ასეთმა მიდგომამ კარგი შედეგები გამოიღო ზოგ სფეროში. მაგალითად, იმავე სამედიცინო დიაგნოსტიკის ფარგლებში მე-[5] და მე-[6] ნაშრომების ავტორებმა ხელახალი ფორმულირება მისცეს Internist საექსპერტო სისტემას მოდერნიზებული ბაიესური ქსელის სახით ხმაურიანი «ან» მოდელის გამოყენებით. მე-[7] ნაშრომში ავტორები მიმართავენ ამავე ტიპის მოდელირებას გართულებათა გამოვლენის (დეტექტირების) პრობლემისათვის სისხლის გადასხმის დროს. მათ ბაიესურ ქსელს 16 კვანძი აქვს. ესენია: 10 კლინიკური ან ბიოლოგიური სიმპტომი და 6 მოსალოდნელი გართულება.

ღვიძლის (ჰეპატიტის) პრობლემათა დიაგნოსტიკის ფარგლებში [10] იყენებს ბაიესურ ქსელს 73 კვანძით (მათ შორის 66 კვანძი ღვიძლის თვისებათა ესა თუ ის მახასიათებელია, ხოლო დანარჩენი 7 - დიაგნოსტიკური). ხსენებულ ქსელში 27 პირობითი ალბათობის სიმკვრივე 73-დან წარმოდგენილია «ხმაურიანი ან» მოდელით.

CPCS (Computer-based Patient Case Simulation system) სისტემა, რომელიც Internist სისტემის ერთ-ერთი მომდევნო გაფართოებაა, ასევე იყენებს ბაიესურ ქსელს შინაგან სნეულებათა მედიცინისათვის ავადმყოფობასა და სიმპტომებს შორის დამოკიდებულებათა მოდელირებით noisy-OR და noisy-MAX ტიპის მრავალდონიან ელემენტებზე შუალედური (გარდამავალი) ცვლადების გამოყენებისას სიმპტომებსა და დიაგნოზებს (დასკვნებს) შორის [8]. 448 კვანძის და 908 რკალის პირობებში ასეთი ქსელის პირობით ალბათობათა ცხრილების სრული ნაკრების მისაღებად საკმარისია მხოლოდ 8 254 ალბათობა 133 931 430 ალბათობის ნაცვლად.

ამრიგად, ბაიესური ქსელისა და მისი ე.წ. «ხმაურიანი ან» მოდელის გადატანა მედიცინიდან სადაზღვევო სექტორში შესაბამისი პრობლემების მოდელირებისათვის, მოკლებული არ არის ინტერესს.

ლიტერატურა

1. PEARL J. Fusion, Propagation, and Structuring in Belief Networks. // *Artificial Intelligence*, 1986, vol. 29, pp. 241-288.
2. HENRION M. Some Practical Issues in Constructing Belief Networks. / *Uncertainty in Artificial Intelligence 3*, vol. 8, *Machine Intelligence and Pattern Recognition*, pp. 161-174, North-Holland, Amsterdam, 1989.
3. SRINIVAS S. A Generalization of the Noisy-Or Model. / *Proceedings of the 9th Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence*, San Mateo, CA, USA, July 1993, -Morgan Kaufmann Publishers, pp. 208-215.
4. DIEZ F. J. Parameter adjustment in Bayes networks. The generalized noisy OR-gate. / *Proceedings of the 9th Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence*, Washington D.C., 1993, Morgan Kaufmann, San Mateo, CA, pp. 99-105.
5. SHWE M., MIDDLETON B., HECKERMAN D., HENRION M., HORVITZ E., LEHMANN H., COOPER G. Probabilistic diagnosis using a reformulation of the INTERNIST- 1/QMR knowledge base: Part I. The probabilistic model and inference algorithms. // *SIAM Journal on Computing*, vol. 30, 1991, pp. 241-250.
6. MIDDLETON B., SHWE M., HECKERMAN D., HENRION M., HORVITZ E., LEHMANN H., COOPER G. Probabilistic diagnosis using a reformulation of the INTERNIST- 1/QMR knowledge base: Part II. Evaluation of diagnostic performance. // *SIAM Journal on Computing*, 1991, vol. 30, pp. 256-267.
7. LEPAGE E., FIESCHI M., TRAINEAU R., GOVERNET J., CHASTANG C. Système d'aide à la décision fondé sur un modèle de réseau bayésien application à la surveillance transfusionnelle. / *Informatique et santé*, 1992, vol. 5, pp. 76-87.
8. PRADHAN M., PROVAN G., MIDDLETON B., HENRION M. Knowledge Engineering for Large Belief Networks. / *Proceedings of the Tenth Annual Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence (UAI-94)*, San Francisco, CA, 1994, Morgan Kaufmann Publishers, pp. 484-490.
9. PEARL J. Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems: Networks of Plausible Inference, 1988
10. ONISKO A, DRUZDZEL MJ, WASYLUK H. Learning Bayesian network parameters from small data sets : Application of Noisy-OR gates. / *Working Notes of the Workshop on Bayesian and Causal Networks : From Inference to Data Mining, 12th European Conference on Artificial Intelligence (ECAI-2000)*, Berlin, Germany, 2000.
11. CAIN J, Planning improvements in natural resources management. Centre for Ecology and Hydrology, UK, 2004.
12. DIEZ F.J., Canonical probabilistic models for knowledge engineering. 2003
13. HECKERMAN DE, BREESE JS. A new look at causal independence. / *Proceedings of the 10th Annual Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence (UAI-94)*; 1994, pp. 286-292.
14. GAMONET J. Modélisation du risque opérationnel dans l'assurance, Mémoire d'actuariat, Centre d'Études Actuarielles, Institut des Actuaires, Paris, Promotion 2006: https://www.scor.com/images/stories/pdf-library/actuarial-prize/2010_france_memoire_juliegamonet.pdf

SUMMARY

BAYESIAN NETWORK FOR EVALUATION OF THE INSURANCE COMPANY LOSSES BASED ON THE "NOISY-OR" MODEL

Prangishvili A.I. and Namicheishvili N.O.
Georgian Technical University

Noisy-OR is a special case of the specification of the conditional probability table (CPT) in the Bayesian network, where the number of parameters is linear on the number of parents of a node. The idea is that each parent is capable to execute its influence on the node independently of other parents, whereby the individual effects are then summarized with the Boolean function OR. In this paper, the assessment of the insurance company loss is being studied, based on the noisy-OR model. The central component in a model-based decision support system is the noisy-OR gate. A loss estimation model specifies dependence relations between the loss and a set of characteristics, including a fraudulent claim, control and selection. The model calculates the probability of loss based on the given information about the control errors, selection errors of the object investment (selective errors) and fraudulent claims of the customer. In principle, the model can include any number of variables and have any graphical structure of the noisy-OR gate. Experience has shown that even the model with relatively few indicators and a simple structure can operate with impressive accuracy. The model is constructed from expert experience and domain knowledge, or historical data, or a combination of the sources. The typical process of development of a loss model consists of the following sequence of steps: Data collection and preparation; Network structure specification; Specification of expert knowledge and parameter estimation; Model evaluation; Consistency test of expert judgement with numeric analysis of a task. Generally speaking, the loss model can have any acyclic directed graph structure. The simple structure of the noisy-OR gate, however, is the most admissible structure of the insurance loss model, and this paper shows that this type of a model is well-suited for loss prediction.

Keywords: loss, insurance loss, Bayesian networks, noisy-OR gate model, insurance, fraudulent claim, conditional probability, expert judgment.

ხელშეწვლამდგრადი კოდეზის აბეზის ჴმსაძლეზლოზები მისმრზე

შაგეულიძე ს.ა., წიკლაური გ.ზ., ასანიძე ა.გ., მთვრალაშვილი თ.ი.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

1. შესავალი

მესერები [1] დაკავშირებულია სხვადასხვა გეომეტრიულ ამოცანებთან, ისევე როგორც მათემატიკის სხვა მიმართულებებთან, მაგალითად, რიცხვთა თეორიასა და კომბინატორიკასთან. ამასთან, მესერების მთავარი გამოყენება წმინდა მათემატიკური დანიშნულების გარდა სხვა საინჟინრო საკითხების გადაჭრისას, ეს არის არხის კოდირების და მოდულაცია-კოდირების სისტემების შემუშავება გაუსის ტიპის საკომუნიკაციო არხებისათვის. კოდების შემუშავება ამ პრობლემისათვის ექვივალენტურია სფერული შეფუთვის პრობლემისა: აუცილებელია გვექონდეს საუკეთესო სფერული შეფუთვა დიდი რაოდენობის განზომილებებისათვის რათა თეორიულად გამოვიკვლიოთ საინფორმაციო გამტარუნარიანობა სპექტრალურად შეზღუდული არხებისათვის, სადაც ზემოქმედებას ახდენს გაუსის თეთრი ხმაური. სფერული შეფუთვები შედარებით მცირე რაოდენობის განზომილებებისათვის ასევე გამოყენებულია პრაქტიკულად რეალიზებადი სიგნალურ-კოდური კონსტრუქციების შემუშავებისას. ზოგადად, მესერები შეიძლება გამოყენებული იქნას n -განზომილებიანი შეცდომების მაკონტროლებელი კოდების აგების პროცესში და როგორც ასეთ კოდები, მესერები შეიძლება ასევე წარმოდგენილი იქნას წარმომქმნელი და შემოწმებული მატრიცების მეშვეობით. ასევე შესაძლებელია მესერებისათვის ეფექტური დეკოდირების ალგორითმების შემუშავება. იმის გათვალისწინებით, რომ უსადენო ქსელები წრფივი სისტემებია და ხმაური შეიძლება განხილული იყოს როგორც გაუსის თეთრი ხმაური, მესერები შეიძლება გამოყენებული იქნას არხის გამტარუნარიანობის, ან ისეთი სიჩქარეების მისაღწევად, რომლებიც ძალზე ახლოსაა განხილული არხის გამტარუნარიანობასთან.

სიგნალური სისტემების (კონსტელაციების) კვლევას, რომელთაც აქვთ ალგებრული თვისებები, გააჩნია საკმაოდ ხანგრძლივი ისტორია. ორ განზომილებიან სიგნალთა კონსტელაციების მაგალითებია ფაზური მოდულაცია [2], გაუსის მთელი რიცხვები [3,4], ეიზენშტეინის მთელი რიცხვები [5]. ასეთი კონსტელაციები წარმოდგენილ იქნა რათა აგებული ყოფილიყო წრფივი ან ჯგუფური კოდები კომპლექსური რიცხვების შემცველ ალფაბეტზე. გაუსის და ეიზენშტეინის მთელი რიცხვები წარმოადგენენ კომპლექსურ რიცხვებს, რომელთა რეალური და წარმოსახვითი ნაწილი მთელი რიცხვებია. შესაბამისად, მრავალი ცნობილი კოდირების და დეკოდირების ალგორითმი იქნა მისადაგებული ასეთ ალფაბეტზე აგებულ კოდებზე [3-5]. როგორც ნახევები იყო [6]-ში მრავალ დონიანი კოდირებისათვის მრავალ განზომილებიან სიგნალთა კონსტელაციებს გააჩნიათ უპირატესობები ორ განზომილებიან სიგნალთა კონსტელაციებთან შედარებით. შესაბამისად, ჩვენ მიერ შემუშავებულია ახალი კოდირებული სიგნალური კონსტელაციების აგების, კოდირების და დეკოდირების მეთოდები ოთხ განზომილებიან ლიფშიცის მთელ რიცხვებზე [7]. სხვა კოდური კონსტრუქციები ლიფშიცის მთელ რიცხვებზე მოცემულია მაგალითად [8]-ში.

ქვემოთ ნახვენები იქნება, რომ მესერების წარმომქმნელი მატრიცების მარტივი მათემატიკური გარდაქმნების საშუალებით, ეიზენშტეინის, გაუსის და ლიფშიცის მთელი რიცხვები ექვივალენტური სახით შეიძლება წარმოდგენილი იქნას, როგორც შესაბამისი მესერები. ამგვარად, ასეთ სტრუქტურებზე აგებული ხელშეშლამდგრადი კოდებიც შეიძლება განხილული იქნას, როგორც მესერებზე აგებული კოდები, რაც ჩვენის აზრით მომავალში მოგვეცემს იმის საშუალებას, რათა შევიძინოთ ასეთი კოდების აგების, კოდირების და დეკოდირების ეფექტური პროცედურები.

2. A_2 მესერი და ორგანზომილებიანი (2D) ეიზენშტეინის მთელი რიცხვები.

n -განზომილებიანი A_n მესერების სიმრავლე განისაზღვრება $n + 1$ განზომილებით შემდეგი გამოსახულებით [1]

$$A_n = \{[x_0, x_1, \dots, x_n] \in \mathbb{Z}^{n+1} \mid x_0 + x_1 + \dots + x_n = 0\},$$

რომელსაც მიყვავართ $n \times n + 1$ წარმომქმნელ მატრიცასთან (ჩვენ ვიყენებთ ვექტორ-სტრიქონებს)

$$G_n = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ & & & \ddots & \ddots & \\ \vdots & & & & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix}.$$

თუ გვაქვს A_2 , ე.ი. ჰექსაგონალური მესერი, ჩვენ მივიღებთ

$$G_2 = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \end{bmatrix}.$$

აქედან, გრამ-შმიდტის პროცედურის გამოყენებით, რომელიც შეესაბამება კოორდინატების ცვლილებას, 2×2 ზომების წარმომქმნელი მატრიცა ქვემო სამკუთხედის ფორმით შეიძლება იქნას მიღებული. ამისათვის ჩვენ მოვითხოვთ:

$$\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} & 0 \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} b'_1 \\ b'_2 \end{bmatrix},$$

სადაც

$$\|b_i\| = \|b'_i\|, \quad \forall_i$$

(საბაზისო ვექტორების სიგრძე არ იცვლება, მხოლოდ მათი აღწერა არის წარმოდგენილი განსხვავებულ ბაზისში).

ჩვენ გვაქვს:

$$b'_1 = b_1 = [-1 \ 1 \ 0], \quad b_{11} = 1,$$

საიდანაც ვიღებთ

$$b_{21} = b_2(b'_1)^T / \|b'_1\| = [0 \ -1 \ 1] \cdot [-1 \ 1 \ 0]^T / 2 = -1/2$$

და

$$b''_2 = b_2 - b_{21}b'_1 = [0 \ -1 \ 1] - (-1/2)[-1 \ 1 \ 0] = [-1/2 \ -1/2 \ 1],$$

სადაც $\|b''_2\|^2 = 3/2$. აქედან, სასურველი საბაზისო ვექტორის მისაღებად, ჩვენ მოვითხოვთ

$$b_{22} = \sqrt{\frac{\|b''_2\|^2}{\|b_2\|^2}} = \sqrt{\frac{3/2}{2}} = \frac{\sqrt{3}}{2},$$

$$b'_2 = \frac{1}{b_{22}}b''_2 = \sqrt{\frac{4}{3}}[-1/2 \ -1/2 \ 1] = [-1/\sqrt{3} \ -1/\sqrt{3} \ 2/\sqrt{3}].$$

საბოლოო ჯამში ჩვენ ვიღებთ გამოსახულებას

$$\begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1/2 & \sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 \\ -1/\sqrt{3} & -1/\sqrt{3} & 2/\sqrt{3} \end{bmatrix}$$

აქედან მოთხოვნილი ფორმის 2×2 წარმომქმნელი მატრიცა A_2 მესერისთვის მიიღებს შემდეგ სახეს

$$\bar{G}_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1/2 & \sqrt{3}/2 \end{bmatrix}.$$

აღსანიშნავია, რომ ეიზენშტეინის მთელი რიცხვები განისაზღვრება როგორც

$$E = z_1 + \omega z_2,$$

სადაც $z_1, z_2 \in \mathbb{Z}$ და $\omega = (-1 + j\sqrt{3})/2 = e^{j2\pi/3}$ (გაუსის მთელი რიცხვებისათვის, $\omega = j = e^{j\pi/2}$ უნდა იყოს არჩეული). ეს კი სხვა არაფერია, თუ არა კომპლექსური რიცხვების სახით A_2 მესერის ელემენტების ჩაწერა, ანუ

$$\lambda = [\lambda_1 \ \lambda_2] = [z_1 \ z_2] \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1/2 & \sqrt{3}/2 \end{bmatrix} = [z_1 - \frac{1}{2}z_2 \ \frac{\sqrt{3}}{2}z_2]$$

შეიძლება ინტერპრეტირებული იყოს, როგორც

$$\lambda_1 + j\lambda_2 = (z_1 - \frac{1}{2}z_2) + j(\frac{\sqrt{3}}{2}z_2) = z_1 + (-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2})z_2 = z_1 + \omega z_2.$$

3. A_4 მესერი და ოთხგანზომილებიანი (4D) ლიფშიცის მთელი რიცხვები.

მესერები განისაზღვრება წარმომქმნელი მატრიცით, ზომებით 5×4 , ანუ

$$G_4 = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix}.$$

აქედან, გრამ-შმიდტის პროცედურის გამოყენებით, რომელიც შეესაბამება კოორდინატების ცვლილებას, 4×4 ზომების წარმომქმნელი მატრიცა ქვემო სამკუთხედის ფორმით შეიძლება იქნას მიღებული. ჩვენ გვაქვს

$$b_{11} = 1,$$

$$b'_1 = b_1 = [-1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0],$$

შემდეგ ვითვლით,

$$b_{21} = b_2(b'_1)^T / \|b'_1\| = [0 \ -1 \ 1 \ 0 \ 0] \cdot [-1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0]^T / 2$$

$$= -1/2,$$

$$b''_2 = b_2 - b_{21}b'_1$$

$$= [0 \ -1 \ 1 \ 0 \ 0] - (-1/2)[-1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0]$$

$$= [-1/2 \ -1/2 \ 1 \ 0 \ 0],$$

$$b_{22} = \sqrt{\|b''_2\|^2 / \|b_2\|^2} = \sqrt{3/4} = \sqrt{3}/2,$$

$$b'_2 = \frac{1}{b_{22}} b''_2$$

$$= 2/\sqrt{3}[-1/2 \ -1/2 \ 1 \ 0 \ 0]$$

$$= [-1/\sqrt{3} \ -1/\sqrt{3} \ 2/\sqrt{3} \ 0 \ 0].$$

ამის შემდეგ ვიღებთ

$$b_{31} = b_3(b'_1)^T / \|b'_1\|$$

$$= [0 \ 0 \ -1 \ 1 \ 0] \cdot [-1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0]^T / 2$$

$$= 0,$$

$$b_{32} = b_3(b'_2)^T / \|b'_2\|$$

$$= [0 \ 0 \ -1 \ 1 \ 0] \cdot [-1/\sqrt{3} \ -1/\sqrt{3} \ 2/\sqrt{3} \ 0 \ 0]^T / 2$$

$$= -1/\sqrt{3},$$

$$b''_3 = b_3 - b_{31}b'_1 - b_{32}b'_2$$

$$= [0 \ 0 \ -1 \ 1 \ 0] - (-1/\sqrt{3})[-1/\sqrt{3} \ -1/\sqrt{3} \ 2/\sqrt{3} \ 0 \ 0]$$

$$= [-1/3 \ -1/3 \ -1/3 \ 1 \ 0],$$

$$b_{33} = \sqrt{\|b''_3\|^2 / \|b_3\|^2} = \sqrt{(4/3)/2} = \sqrt{2/3},$$

$$b'_3 = \frac{1}{b_{33}} b''_3$$

$$= \sqrt{3/2}[-1/3 \ -1/3 \ -1/3 \ 1 \ 0]$$

$$= [-1/\sqrt{6} \ -1/\sqrt{6} \ -1/\sqrt{6} \ \sqrt{3/2} \ 0],$$

და საბოლოოდ ვღებულობთ

$$b_{41} = \mathbf{b}_4(\mathbf{b}'_1)^T / \|\mathbf{b}'_1\|$$

$$= [0 \ 0 \ 0 \ -1 \ 1] \cdot [-1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0]^T / 2$$

$$= 0,$$

$$b_{42} = \mathbf{b}_4(\mathbf{b}'_2)^T / \|\mathbf{b}'_2\|$$

$$= [0 \ 0 \ 0 \ -1 \ 1] \cdot [-1/\sqrt{3} \ -1/\sqrt{3} \ 2/\sqrt{3} \ 0 \ 0]^T / 2$$

$$= 0,$$

$$b_{43} = \mathbf{b}_4(\mathbf{b}'_3)^T / \|\mathbf{b}'_3\|$$

$$= [0 \ 0 \ 0 \ -1 \ 1] \cdot [-1/\sqrt{6} \ -1/\sqrt{6} \ -1/\sqrt{6} \ \sqrt{3/2} \ 0]^T / 2$$

$$= -\sqrt{3/8},$$

$$\mathbf{b}''_4 = \mathbf{b}_4 - b_{41}\mathbf{b}'_1 - b_{42}\mathbf{b}'_2 - b_{43}\mathbf{b}'_3$$

$$= [0 \ 0 \ 0 \ -1 \ 1] - (-\sqrt{3/8})[-1/\sqrt{6} \ -1/\sqrt{6} \ -1/\sqrt{6} \ \sqrt{3/2} \ 0]$$

$$= [-1/4 \ -1/4 \ -1/4 \ -1/4 \ 1],$$

$$b_{44} = \sqrt{\|\mathbf{b}''_4\|^2 / \|\mathbf{b}_4\|^2} = \sqrt{(5/4)/2} = \sqrt{5/8},$$

$$\mathbf{b}'_4 = \frac{1}{b_{44}} \mathbf{b}''_4$$

$$= \sqrt{8/5}[-1/4 \ -1/4 \ -1/4 \ -1/4 \ 1]$$

$$= [-1/\sqrt{10} \ -1/\sqrt{10} \ -1/\sqrt{10} \ -1/\sqrt{10} \ \sqrt{8/5}].$$

საბოლოო ჯამში ჩვენ ვიღებთ გამოსახულებას

$$\begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ -1/2 & \sqrt{3}/2 & 0 & 0 \\ 0 & -\sqrt{1/3} & \sqrt{2/3} & 0 \\ 0 & 0 & -\sqrt{3/8} & \sqrt{5/8} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ -1/\sqrt{3} & -1/\sqrt{3} & 2/\sqrt{3} & 0 & 0 \\ -1/\sqrt{6} & -1/\sqrt{6} & -1/\sqrt{6} & \sqrt{3/2} & 0 \\ -1/\sqrt{10} & -1/\sqrt{10} & -1/\sqrt{10} & -1/\sqrt{10} & \sqrt{8/5} \end{bmatrix}$$

აქედან მოთხოვნილი ფორმის 4×4 წარმომქმნელი მატრიცა A_4 მესერის-თვის მიიღებს შემდეგ სახეს

$$\bar{\mathbf{G}}_4 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ -1/2 & \sqrt{3}/2 & 0 & 0 \\ 0 & -\sqrt{1/3} & \sqrt{2/3} & 0 \\ 0 & 0 & -\sqrt{3/8} & \sqrt{5/8} \end{bmatrix},$$

ანუ მესერის ნებისმიერი წერტილი მოცემულია გამოსახულებით:

$$\boldsymbol{\lambda} = [\lambda_1 \ \lambda_2 \ \lambda_3 \ \lambda_4] = [\bar{x}_1 \ \bar{x}_2 \ \bar{x}_3 \ \bar{x}_4] \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ -1/2 & \sqrt{3}/2 & 0 & 0 \\ 0 & -\sqrt{1/3} & \sqrt{2/3} & 0 \\ 0 & 0 & -\sqrt{3/8} & \sqrt{5/8} \end{bmatrix}$$

$$= \left[\bar{x}_1 - \frac{1}{2}\bar{x}_2 \quad \frac{\sqrt{3}}{2}\bar{x}_2 - \sqrt{\frac{1}{3}}\bar{x}_3 \quad \sqrt{\frac{2}{3}}\bar{x}_3 - \sqrt{\frac{3}{8}}\bar{x}_4 \quad \sqrt{\frac{5}{8}}\bar{x}_4 \right]$$

აღსანიშნავია, რომ ლიფშიცის მთელი რიცხვები წარმოვინდება შემდეგი სახით:

$$L = z_1 + iz_2 + jz_3 + kz_4 ,$$

სადაც $z_1, z_2, z_3, z_4 \in \mathbb{Z}$.

ამგვარად, ანალოგიურად ეიზენშტეინის მთელი რიცხვებისა, მესერის 4D-ექვივალენტი (ლიფშიცის მთელი რიცხვები) მოცემულია შემდეგი გამოსახულებით

$$\lambda_1 + i\lambda_2 + j\lambda_3 + k\lambda_4 = \left(z_1 - \frac{1}{2}z_2\right) + i\left(\frac{\sqrt{3}}{2}z_2 - \sqrt{\frac{1}{3}}z_3\right) + j\left(\sqrt{\frac{2}{3}}z_3 - \sqrt{\frac{3}{8}}z_4\right) + k\left(\sqrt{\frac{5}{8}}z_4\right)$$

$$= z_1 + \left(-\frac{1}{2} + i\frac{\sqrt{3}}{2}\right)z_2 + \left(-i\sqrt{\frac{1}{3}} + j\sqrt{\frac{2}{3}}\right)z_3 + \left(-j\sqrt{\frac{3}{8}} + k\sqrt{\frac{5}{8}}\right)z_4$$

$$= z_1 + \omega_i z_2 + \omega_j z_3 + \omega_k z_4,$$

სადაც

$$\omega_i = -\frac{1}{2} + i\frac{\sqrt{3}}{2} = (-1 + i\sqrt{3})/2,$$

$$\omega_j = -i\sqrt{\frac{1}{3}} + j\sqrt{\frac{2}{3}} = (-i + j\sqrt{2})/\sqrt{3},$$

$$\omega_k = -j\sqrt{\frac{3}{8}} + k\sqrt{\frac{5}{8}} = (-j\sqrt{3} + k\sqrt{5})/\sqrt{8}.$$

აღნიშნული სტატია შესრულებულია შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მიერ დაფინანსებული საგრანტო პროექტის (საგრანტო ხელშეკრულება No. FR/45/4-101/14) ფარგლებში. პუბლიკაციაში გამოქვეყნებული მოსაზრებები ეკუთვნის ავტორებს და შესაძლოა არ ასახავდეს შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის შეხედულებებს.

ლიტერატურა

1. J.H. Conway, N.J.A. Sloane. Sphere Packings, Lattices and Groups. -Springer Verlag, New York, Berlin, 3rd edition, 1999.
2. H.-A. Loeliger. Signal sets matched to groups. //IEEE Transactions on Information Theory, Nov 1991, vol. 37, no. 6, pp. 1675-1682.
3. K. Huber. Codes over Gaussian integers. // IEEE Transactions on Information Theory, 1994, pp. 207-216.
4. J. Freudenberger, F. Ghaboussi, and S. Shavgulidze. New coding techniques for codes over Gaussian integers. //IEEE Transactions on Communications, Aug 2013, vol. 61, no. 8, pp. 3114-3124.
5. K. Huber. Codes over Eisenstein-Jacobi Integers. Contemporary Mathematics, 1994, pp. 165-179,.
6. S. Pietrobon, R.-H. Deng, A. Lafanechere, G. Ungerboeck, and D. Costello. Trellis-coded multidimensional phase modulation. // IEEE Trans. Inf. Theory, Jan. 1990, vol. 36, no. 1, pp. 63-89.
7. J. Freudenberger and S. Shavgulidze. New four-dimensional signal constellations from Lipschitz integers for transmission over the Gaussian channel. //IEEE Trans. Commun, July 2015, vol. 63, no. 7, pp. 2420-2427.
8. C. Martinez, R. Beivide, and E. Gabidulin. Perfect codes from Cayley graphs over Lipschitz integers. // IEEE Trans. Inf. Theory, Aug. 2009, vol. 55, no. 8, pp. 3552-3562.

SUMMARY

THE POSSIBILITY OF CONSTRUCTION OF ERROR-CONTROL CODES OVER LATTICES

Shavgulidze S.A., Tsiklauri G.Z., Asanidze A.V. and Mtvralashvili T.I.

Georgian Technical University

The paper deals with the possibility of construction of lattice channel codes. We showed that the known channel coding constructions based on Gaussian, Eisenstein and Lipschitz integers can be viewed from the standpoint of lattice codes. This result will allow developing new efficient encoding-decoding procedures for such constructions.

Keywords: coding, signal constellations, Gaussian, Eisenstein and Lipschitz integers.

ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВА D-ОПТИМАЛЬНОСТИ ДВУХКОМПОНЕНТНОГО СИМПЛЕКСНОГО ПЛАНА ПЕРВОГО ПОРЯДКА ПРИ НАЛОЖЕНИИ ОТЛИЧАЮЩИХСЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ

Бочоридзе Е.В., Берая Н.О., Гварамия Е.Г.

Грузинский технический университет

Изменением пропорций (относительных содержаний) отдельных компонентов смесей, из которых состоит большинство окружающих нас в природе и технике веществ, можно придать им желаемые свойства.

Планирование эксперимента позволяет строить стратегию исследования, основанную на последовательности четких, логически осмысленных операций, исключает постановку большого количества лишних опытов, и тем самым значительно сокращает сроки решения задачи.

Одно из направлений, в котором планирование эксперимента развивается применительно к задачам со смесями, заключается в изучении диаграмм состав-свойство и состав-состояние.

Для этого направления характерно полное описание системы, при котором приходится учитывать условие нормированности суммы независимых переменных

$$x_1 + x_2 + \dots + x_q = 1, x_i \geq 0 \quad (i=1, 2, \dots, q). \quad (1)$$

При математическом описании свойств двухкомпонентных смесей работают обычно в симплексной системе координат [1]. Всем возможным комбинациям пропорций двух исследуемых компонентов соответствуют точки, расположенные на концах и внутри концентричного отрезка, т.е. точки, удовлетворяющие условию

$$x_1 + x_2 = 1 \quad x_i \geq 0 \quad (i=1, 2). \quad (2)$$

С учетом специфики симплексной системы координат свойства двухкомпонентных смесей описывают приведенными полиномами первой степени

$$\hat{y} = \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 \quad (3)$$

Для оценки коэффициентов этого уравнения регрессии реализуются два опыта в вершинах отрезка.

Реализация любых планов эксперимента требует точной установки уровней исследуемых факторов (компонентов). Установка же производится с применением средств измерений, которые, как известно, характеризуются определенными погрешностями. Соответственно изменяется как план эксперимента, матрица планирования, так и информационная и ковариационная матрицы, а, соответственно, и свойства планов, связанные, в своем большинстве, как раз со строением этих матриц. Так, например, D-оптимальность, о которой идет речь в этой работе, связана с минимальным значением определителя ковариационной матрицы.

В проводимых ранее исследованиях [2] были рассмотрены случаи, когда производилась имитация погрешностей путем наложения на координаты недеформированного плана случайным образом сгенерированных погрешностей одинаковых по величине. Однако в реальности приборы, которыми отмеряются отдельные компоненты смесей, могут иметь различные, отличающиеся друг от друга погрешности. Поэтому имеет смысл обратить особое

внимание на ситуации, когда на компоненты планов накладываются одновременно различные по величине погрешности.

Так, в таб. 1 представлены минимальные и максимальные значения, полученные при исследовании влияния характерных погрешностей (от 0,01 до 0,09%) измерительных средств на критерий *D*-оптимальности двухкомпонентных симплексных планов первого порядка, а также среднее арифметическое полученных значений – средняя линия коридора и среднее квадратическое отклонение.

Как видим, при всех фиксированных значениях первой из погрешностей ухудшение свойства *D*-оптимальности рассматриваемого симплексного плана при изменении второй погрешности в диапазонах 0,01-0,09% составляет всего 0,13%. В целом же, при изменении обеих погрешностей от 0,01 до 0,09% ухудшение свойства рассматриваемого критерия оптимальности составляет 0,24%.

Аналогичные исследования были получены и для другой группы характерных погрешностей, располагающихся в диапазоне от 0,1 до 0,9%. Результаты сведены в таб. 2.

Таблица 1. Влияние погрешностей в диапазоне 0,01-0,09% на свойство *D*-оптимальности двухкомпонентного симплексного плана первого порядка

Погрешности, %		min	max	ср. арифм.	СКО
k_1	k_2				
0.01	0.01	1.00001354	1.00067836	1.00029648	0.00014417
	0.03	1.00000275	1.00164202	1.00062189	0.00038238
	0.05	1.00012270	1.00257693	1.00088283	0.00052645
	0.07	1.00013076	1.00386733	1.00128651	0.00087862
	0.09	1.00015130	1.00455991	1.00157149	0.00101946
0.03	0.01	1.00002135	1.00131553	1.00058298	0.00031748
	0.03	1.00000726	1.00220752	1.00092740	0.00050302
	0.05	1.00018977	1.00296413	1.00120682	0.00059152
	0.07	1.00022255	1.00417768	1.00155071	0.00091719
	0.09	1.00024873	1.00536898	1.00186338	0.00105947
0.05	0.01	1.00002915	1.00218608	1.00086966	0.00051370
	0.03	1.00001177	1.00290446	1.00123312	0.00068543
	0.05	1.00024866	1.00335156	1.00153107	0.00075088
	0.07	1.00026993	1.00448817	1.00181508	0.00099713
	0.09	1.00030697	1.00620851	1.00215545	0.00113389
0.07	0.01	1.00003696	1.00305777	1.00115652	0.00071436
	0.03	1.00001629	1.00372295	1.00153907	0.00089273
	0.05	1.00030755	1.00412558	1.00185558	0.00095890
	0.07	1.00028069	1.00504319	1.00207961	0.00110964
	0.09	1.00036522	1.00704909	1.00244771	0.00123663
0.09	0.01	1.00004476	1.00393060	1.00144357	0.00091669
	0.03	1.00002080	1.00470876	1.00184524	0.00111125
	0.05	1.00036645	1.00515201	1.00218036	0.00119057
	0.07	1.00029145	1.00567748	1.00234431	0.00124603
	0.09	1.00042347	1.00789073	1.00274016	0.00136138

Таблица 2. Влияние погрешностей в диапазоне 0,1-0,9% на свойство D -оптимальности двухкомпонентного симплексного плана первого порядка

Погрешности, %		min	max	ср. арифм.	СКО
k_1	k_2				
0.1	0.1	1.00013547	1.00681483	1.00297220	0.00144778
	0.3	1.00002747	1.01660402	1.00625505	0.00386410
	0.5	1.00122800	1.02622447	1.00890007	0.00534672
	0.7	1.00130875	1.03970615	1.01303071	0.00899079
	0.9	1.00151453	1.04704091	1.01595490	0.01047072
2	1	1.00021353	1.01327310	1.00585963	0.00320090
	2	1.00007261	1.02240851	1.00934958	0.00510298
	3	1.00190014	1.03024487	1.01219114	0.00602309
	4	1.00222891	1.04298428	1.01572893	0.00940992
	5	1.00249152	1.05569838	1.01894863	0.01092753
3	1	1.00029161	1.02218764	1.00876583	0.00520240
	2	1.00011776	1.02962385	1.01246679	0.00698683
	3	1.00249078	1.03428893	1.01550914	0.00767739
	4	1.00270431	1.04627794	1.01844440	0.01026033
	5	1.00307611	1.06478449	1.02196183	0.01174618
4	1	1.00036969	1.03122033	1.01169098	0.00726748
	2	1.00016291	1.03818590	1.01560695	0.00914745
	3	1.00308195	1.04243298	1.01885444	0.00985853
	4	1.00281227	1.05220070	1.02117730	0.01145883
	5	1.00366122	1.07398840	1.02499471	0.01286949
5	1	1.00044778	1.04037329	1.01463528	0.00936854
	2	1.00020807	1.04862650	1.01877034	0.01144784
	3	1.00367363	1.05336723	1.02222743	0.01231484
	4	1.00292024	1.05902498	1.02392782	0.01292027
	5	1.00424684	1.08331217	1.02804747	0.01423643

Согласно анализу данных вышеприведенной таблицы, при фиксированном значении 0,1% первой из погрешностей ухудшение свойства D -оптимальности рассматриваемого симплексного плана первого порядка при изменении второй погрешности в диапазоне 0,1-0,9% составляет 1,29%, при значении 0,3% – 1,30%, при фиксированных значениях 0,5 и 0,7% первой из погрешностей ухудшение при изменении второй погрешности от 0,1 до 0,9% составляет 1,31%. При $k_1=0,9%$ свойства плана ухудшается на 1,31%. Изменение обеих погрешностей в диапазоне 0,1-0,9% приводит к ухудшению свойства D -оптимальности уже на 2,50%.

В таб. 3 представлены данные, полученные для третьей из рассматриваемых групп погрешностей, изменяющихся от 1% до 5%. Анализ данных показал, что при фиксированном значении (1%) первой из погрешностей ухудшение свойства плана при изменении второй погрешности в интервале 1-5% составляет 7,10%. При фиксированном значении, равном 2% в том же интервале изменения второй погрешности – 7,19%. Для значений первой погрешности 3, 4 и 5% ухудшение составляет 7,28; 7,38 и 7,48% соответственно. А увеличение обеих погрешностей с 1% до 5% приводит к ухудшению свойства D -оптимальности для рассматриваемых двухкомпонентных планов первого порядка уже на 14,23%.

Таблица 3. Влияние погрешностей в диапазоне 1-5% на свойство D -оптимальности двухкомпонентного симплексного плана первого порядка

Погрешности, %		min	max	ср. арифм.	СКО
k_1	k_2				
1	1	1.00135600	1.07141251	1.03047674	0.01510511
	2	1.00025844	1.12758883	1.04878863	0.02926968
	3	1.00909137	1.18408588	1.06302047	0.03583054
	4	1.01000763	1.27240076	1.08631665	0.05937556
	5	1.01198202	1.33547449	1.10367514	0.06870021
2	1	1.00174712	1.09825156	1.04585458	0.02402764
	2	1.00048427	1.16486121	1.06571181	0.03736077
	3	1.01208174	1.20932371	1.08125077	0.04173808
	4	1.01397306	1.29483116	1.10164852	0.06341195
	5	1.01495185	1.40209177	1.12106913	0.07374173
3	1	1.00213847	1.14561466	1.06175797	0.03482439
	2	1.00071019	1.20976144	1.08329968	0.04860941
	3	1.01508542	1.23537711	1.10028394	0.05242438
	4	1.01568080	1.31785995	1.11751186	0.06983314
	5	1.01793476	1.47382085	1.13908624	0.08101324
4	1	1.00253006	1.20076223	1.07821585	0.04669164
	2	1.00093618	1.25730866	1.10159632	0.06197022
	3	1.01810249	1.28648126	1.12018123	0.06651950
	4	1.01623128	1.36331005	1.13393800	0.07844594
	5	1.02093084	1.55119845	1.15776492	0.09040721
5	1	1.00292187	1.25998984	1.09525946	0.05943436
	2	1.00116224	1.32701886	1.12065010	0.07698448
	3	1.02113304	1.36330108	1.14101084	0.08319553
	4	1.01678220	1.41480443	1.15096100	0.08901944
	5	1.02394017	1.63483359	1.17714721	0.10179276

На основании проведенных исследований экспериментатору предоставлена информация о степени ухудшения свойства D -оптимальности в зависимости от величины погрешности средств измерения. Это поможет ему, исходя из требуемой точности оценки коэффициентов уравнения регрессии, правильно подбирать точность (погрешность) средств измерения, применяемых для установки уровней факторов (компонентов).

ЛИТЕРАТУРА

1. Зедгинидзе И.Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем. -М.: Наука, 1976, 390 с.
2. Берая Н.О. Исследование планов второго порядка при наличии ошибок эксперимента. –Тбилиси, Технический университет, 2005, 338 с.

SUMMARY

CHANGES IN THE D-OPTIMALITY PROPERTY OF THE FIRST-ORDER TWO-COMPONENT SIMPLEX DESIGN WITH IMPOSITION OF DIFFERENT ERRORS

Bochoridze E.V., Beraia N.O. and Gvaramia E.G.

Georgian Technical University

As is well known, for realization of the experimental design under real conditions, they measure the components of the mixture by using the measuring devices having different measurement accuracy. As it is impossible to observe the exact proportions according the design, we performed the simulation of imposition of different errors on the coordinates of the nondeformed first- and second-order simplex designs with two variables. For this purpose, the developed software was used. Based on the obtained results, the experimenter acquires the information about the degree of deterioration of the D-optimality property depending on the measuring device error.

Keywords: simplex design, D-optimality, measurement error, measuring device.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАЛИЧИЯ РАЗБРОСОВ И ВЫБРОСОВ ПРИ МЕЖЛАБОРАТОРНЫХ СЛИЧЕНИЯХ С ПОМОЩЬЮ КРИТЕРИЯ ГРАББСА

Кароян И.Б., Берая Н.О., Токадзе Л.Ш.

Грузинский технический университет

Проверка лабораторий на качество проведения испытаний посредством межлабораторных сличений применяется для определения качества выполнения отдельными лабораториями определенных испытаний или измерений, и для мониторинга дальнейшей деятельности лабораторий.

Межлабораторные сличения – это организация, проведение и оценка испытаний или измерений на идентичных или подобных испытательных образцах двумя или более лабораториями в соответствии с заранее установленными условиями. Проверка на качество проведения испытаний – определение способности лаборатории проводить испытания посредством межлабораторных сличений.

Согласно стандарту ИСО 5725 одним из числовых методов для проверки лабораторий на качество проведения испытаний является критерий Граббса [1].

При помощи критерия Граббса проверяется на каждом уровне отдельно является ли выбросом наибольший или наименьший результат измерения (испытания) – наибольшее или наименьшее среднее арифметическое значение результатов наблюдений в i -той лаборатории среди результатов измерений (средних арифметических) на данном уровне.

Для проверки может ли один наибольший результат измерений на j -том уровне быть выбросом, следует рассчитать статистику Граббса

$$G_{j\max} = \frac{(y_{j\max} - \bar{\bar{y}}_j)}{s_j}, \quad (1)$$

где $y_{j\max}$ – наибольший результат измерений (наибольшее среднее арифметическое) из \bar{y}_{ij} результатов для уровня j ;

$$\bar{\bar{y}}_j = \frac{\sum_{i=1}^p n_{ij} \bar{y}_{ij}}{\sum_{i=1}^p n_{ij}} - \text{общее среднее арифметическое значение результатов измерений (средних}$$

арифметических) всех p лабораторий;

$s_j = \sqrt{\frac{1}{p-1} \sum_{i=1}^p (\bar{y}_{ij} - \bar{\bar{y}}_j)^2}$ - стандартное отклонение результатов измерений лабораторий, участвующих в межлабораторных сличениях.

Для проверки на выброс наименьшего результата измерений (испытаний) рассчитывают статистику Граббса

$$G_{j\min} = \frac{(y_{j\min} - \bar{\bar{y}}_j)}{s_j}, \quad (2)$$

где $y_{j\min}$ – наименьший результат измерений (наименьшее среднее арифметическое) из \bar{y}_{ij} результатов для уровня j .

Сравнение рассчитанных значений $G_{j\max}$ и $G_{j\min}$ с критическими значениями, приведенными в таблице Граббса, позволяет сделать следующие выводы:

1. если значение статистики меньше или равно своего 5% критического значения, результат испытаний следует считать корректным;

2. если значение статистики больше своего 5% критического значения и меньше или равно своему 1% критическому значению, то исследуемой позиции присваивается название разброса и она отмечается одной звездочкой;

3. если значение статистики больше своего 1% критического значения, то позиции присваивается название статистического выброса и она отмечается двумя звездочками.

Для проверки двух выбросовых результатов измерений следует рассчитать статистику Граббса

$$G = s_{p-1,p}^2 / s_0^2, \quad (3)$$

$$\text{где } s_0^2 = \sum_{i=1}^p (\bar{y}_{ij} - \bar{\bar{y}}_j)^2, \quad s_{p-1,p}^2 = \sum_{i=1}^{p-2} (\bar{y}_{ij} - \bar{\bar{y}}_{p-1,p})^2, \quad \bar{\bar{y}}_{p-1,p} = \frac{1}{p-2} \sum_{i=1}^{p-2} \bar{y}_{ij}.$$

Здесь средние арифметические для уровня j расположены в порядке возрастания $\bar{y}_{1,j}, \dots, \bar{y}_{p-1,j}, \bar{y}_{p,j}$ и индекс p вовсе не соотносится с номером лаборатории.

В качестве альтернативы, чтобы проверить два наименьших результата измерения, необходимо рассчитать статистику Граббса G

$$G = s_{1,2}^2 / s_0^2, \quad (4)$$

$$\text{где } s_{1,2}^2 = \sum_{i=3}^p (\bar{y}_{ij} - \bar{\bar{y}}_{j,1,2})^2, \quad \bar{\bar{y}}_{j,1,2} = \frac{1}{p-2} \sum_{i=3}^p \bar{y}_{ij}.$$

Используя данные на одном уровне, следует применить критерий Граббса к средним значениям ячеек. В том случае, если при данной проверке обнаружится, что среднее значение ячейки является выбросом, необходимо исключить его и повторить проверку при другом экспериментальном среднем значении ячейки (например, если наибольшее является выбросом, то тогда следует проверить наименьшее, а наибольшее при этом исключить), однако не следует применять критерий Граббса к двум выбросовым результатам измерений. В том случае, если при проверке с использованием критерия Граббса не обнаружится, что среднее значение ячейки является выбросом, то необходимо применить проверку с использованием критерия Граббса для двух результатов измерения.

Для вычисления статистики Граббса и ее сравнения с критическими значениями в автоматическом режиме в среде MatLab была разработана следующая программа:

```
clear; pp=input('введите кол-во лабораторий p='); j1=input('введите кол-во уровней j=');
for u=1:j1 format compact UR.uroven_nomer=u; disp(UR)
for i=1:pp NOM.lab_nomer=i; disp(NOM)
Y=input('введите результаты измерения лаб Y='); if numel(Y)>1 y(i)=mean(Y); st(i)=std(Y);
n1(i)=numel(Y); elseif numel(Y)<=1 y(i)=[0]; st(i)=[0];n1(i)=[0]; end end
grabs2=[0 0; 0 0; 0 0; 0 0.0002; 0.0018 0.0090; 0.0116 0.0349;
0.0308 0.0708; 0.0563 0.1101; 0.0851 0.1492; 0.1150 0.1864; 0.1448 0.2213;
0.1738 0.2537; 0.2016 0.2836; 0.2280 0.3112; 0.2530 0.3367; 0.2767 0.3603;
0.2990 0.3822; 0.3200 0.4025; 0.3398 0.4214; 0.3585 0.4391; 0.3761 0.4556;
0.3927 0.4711; 0.4085 0.4857; 0.4234 0.4994; 0.4376 0.5123; 0.4510 0.5245;
0.4638 0.5360; 0.4759 0.5470; 0.4875 0.5574; 0.4985 0.5672; 0.5091 0.5766;
0.5192 0.5856; 0.5288 0.5941; 0.5381 0.6023; 0.5469 0.6101; 0.5554 0.6175;
0.5636 0.6247; 0.5714 0.6316; 0.5789 0.6382; 0.5862 0.6445];
```

```

grabs1=[ 0 0; 0 0; 1.155 1.155; 1.496 1.481; 1.764 1.715; 1.973 1.887; 2.139
2.020; 2.274 2.126; 2.387 2.215; 2.428 2.290; 2.564 2.355; 2.636 2.412; 2.699 2.462; 2.755
2.507; 2.806 2.549; 2.852 2.585; 2.894 2.620; 2.932 2.651; 2.968 2.681; 3.001 2.709; 3.031 2.733;
3.060 2.758; 3.087 2.781; 3.112 2.802; 3.135 2.822; 3.157 2.841; 3.178 2.859; 3.199 2.876;
3.218 2.893; 3.236 2.908; 3.253 2.924; 3.270 2.938; 3.286 2.952; 3.301 2.965; 3.316 2.979;
3.330 2.991; 3.343 3.003; 3.356 3.014; 3.369 3.025; 3.381 3.036];
st100=st; n100=n1; y100=y; u1=find(y<=0);y(u1)=[]; st(u1)=[];
n1(u1)=[]; r1=numel(u1); p=pp-r1; yy=sort(y); a=dot(n1,y)/sum(n1);
chis1=y-a; znam1=sqrt((sum(chis1.^2))/(p-1)); nn=1;G1=(max(y)-a)/znam1;
if G1<=grabs1(p, nn+1) GG1=G1; elseif G1>grabs1(p,nn) GG1=deal('vibros');
elseif G1~=grabs1(p,nn) & grabs1(p, nn+1) GG1=deal('razbros'); end
G2=(a-min(y))/znam1; if G2<=grabs1(p, nn+1) GG2=G2;
elseif G2>grabs1(p,nn) GG2=deal('vibros');
elseif G2~=grabs1(p,nn) & grabs1(p, nn+1) GG2=deal('razbros'); end
for i1=1:p-2 yyy(i1)=sum(yy(1,i1)); end
Yp=(1/(p-2))*sum(yyy) ; Sp=sum((yyy-Yp).^2);
So=sum((y-a).^2); G21=Sp/So; if G21>=grabs2(p, nn+1) GG21=G21;
elseif G21<grabs2(p,nn) GG21=deal('vibros');
elseif G21~=grabs2(p,nn) & grabs2(p, nn+1) GG21=deal('razbros'); end
yy(1,1)=0; yy(1,2)=0; Ypp=(1/(p-2))*sum(yy);vsp=(yy-Ypp).^2;
vsp(1,1)=0; vsp(1,2)=0; S1=sum(vsp); G22=S1/So;
if G22>=grabs2(p, nn+1) GG22=G22; elseif G22<grabs2(p,nn) GG22=deal('vibros');
elseif G22~=grabs2(p,nn) & grabs2(p, nn+1) GG22=deal('razbros'); end
if u1>0 I=struct('lab_kotorie_ne_prinesli_rezultati',u1); disp(I) end
disp(' критические значения Граббса')disp(' Граббс1 Граббс2')
KK={'1%' grabs1(p,nn) grabs2(p, nn);'5%' grabs1(p, nn+1) grabs2(p, nn+1)};
disp(KK) disp(' расчетные значения Граббса ')
disp(' а под ними – результаты их сравнения с критическими')
disp(' G1 G2 G21 G22')
GF={ GG1, GG2, GG21, GG22 ; G1, G2, G21, G22}; disp(GF) end
y100(u1)=NaN; [Ym,I2]=nanmax(y100); [Y,I3]=nanmin(y100);
switch(GG1) case{'vibros'} disp(struct('vibrosovaia_laboratoria',I2))
case{'razbros'} disp(struct('razbrosovaia_laboratoria',I2)) end
switch(GG2) case{'vibros'} disp(struct('vibrosovaia_laboratoria',I3))
case{'razbros'} disp(struct('razbrosovaia_laboratoria',I3)) end
y100(I2)=NaN; y100(I3)=NaN; [Ym,I22]=nanmax(y100);
[Y,I33]=nanmin(y100); switch(GG21) case{'vibros'}
disp(struct('vibrosovaia_laboratoria',I22))
case{'razbros'} disp(struct('razbrosovaia_laboratoria',I22)) end
switch(GG22) case{'vibros'} disp(struct('vibrosovaia_laboratoria',I33))
case{'razbros'} disp(struct('razbrosovaia_laboratoria',I33)) end

```

Ниже приведен конкретный пример использования разработанной программы. Данные для обработки представлены в таблице.

Данные для проверки по критерию Граббса

Лаборатория	Уровень					
	1		2		3	
1	2.5	2.2	5.6	4.8	6.7	7.5
2	2.2	2.3	5.7	4.2	7.6	7.2
3	2.8	2.6			7.2	7.8
4	1.2	0.8	4.6	3.9	7.3	6.9
5	2.6	2.9	3.5	3.7	9.8	8.7
6	2.1	2.7	5.3	4.7	7.1	7.0

введите кол-во лабораторий p=6
 введите кол-во уровней j=3
 uroven_nomer: 1
 lab_nomer: 1 введите результаты измерения лаб Y=[2.5 2.2]
 lab_nomer: 2 введите результаты измерения лаб Y=[2.2 2.3]
 lab_nomer: 3 введите результаты измерения лаб Y=[2.8 2.6]
 lab_nomer: 4 введите результаты измерения лаб Y=[1.2 0.8]
 lab_nomer: 5 введите результаты измерения лаб Y=[2.6 2.9]
 lab_nomer: 6 введите результаты измерения лаб Y=[2.1 2.7]
 критические значения Граббса
 Граббс1 Граббс2
 '1%' [1.9730] [0.0116]
 '5%' [1.8870] [0.0349]
 расчетные значения Граббса
 а под ними – результаты их сравнения с критическими
 G11 G12 G21 G22
 [0.7944] 'razbros' [0.6570] [0.0611]
 [0.7944] [1.9405] [0.6570] [0.0611]
 razbros_v_laboratorii: 4
 uroven_nomer: 2
 lab_nomer: 1 введите результаты измерения лаб Y=[5.6 4.8]
 lab_nomer: 2 введите результаты измерения лаб Y=[5.7 4.2]
 lab_nomer: 3 введите результаты измерения лаб Y=[0]
 lab_nomer: 4 введите результаты измерения лаб Y=[4.6 3.9]
 lab_nomer: 5 введите результаты измерения лаб Y=[3.5 3.7]
 lab_nomer: 6 введите результаты измерения лаб Y=[5.3 4.7]
 lab_kotorie_ne_prinesli_rezultati: 3
 критические значения Граббса
 Граббс1 Граббс2
 '1%' [1.7640] [0.0018]
 '5%' [1.7150] [0.0090]
 расчетные значения Граббса
 а под ними – результаты их сравнения с критическими
 G11 G12 G21 G22
 [0.9033] [1.5054] [5.6333] [0.0198]
 [0.9033] [1.5054] [5.6333] [0.0198]
 uroven_nomer: 3
 lab_nomer: 1 введите результаты измерения лаб Y=[6.7 7.5]
 lab_nomer: 2 введите результаты измерения лаб Y=[7.6 7.2]
 lab_nomer: 3 введите результаты измерения лаб Y=[7.2 7.8]
 lab_nomer: 4 введите результаты измерения лаб Y=[7.3 6.9]
 lab_nomer: 5 введите результаты измерения лаб Y=[9.8 8.7]
 lab_nomer: 6 введите результаты измерения лаб Y=[7.1 7.0]
 критические значения Граббса
 Граббс1 Граббс2
 '1%' [1.9730] [0.0116]
 '5%' [1.8870] [0.0349]
 расчетные значения Граббса
 а под ними – результаты их сравнения с критическими
 G11 G12 G21 G22
 'vibros' [0.6116] 'razbros' [0.7964]
 [1.9926] [0.6116] [0.0215] [0.7964]
 vibros_v_laboratoria: 5
 razbros_v_laboratoria: 3

При изучении результатов, полученных при обработке данных, обнаружили два выброса, которые принадлежат лабораториям 3 и 4; и выброс, соответствующий лаборатории 5.

ЛИТЕРАТУРА

1. СТБ ИСО 5725-5-2002. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 5. Альтернативные методы определения прецизионности стандартного метода измерений.

SUMMARY

DETERMINATION OF THE PRESENCE OF SCATTER AND EXTREMA IN INTERLABORATORY COMPARISONS BY GRUBBS' CRITERION

Karoyan I.B., Beraia N.O. and Tokadze L.Sh.

Georgian Technical University

Interlaboratory comparisons are performed to check the accuracy of experiments or measurements performed by separate laboratories and for further monitoring of the laboratory activity. The paper deals with the software developed in MATLAB environment that allows determining the critical and computing values of the Grubbs' criterion, and their correlation. Based on the obtained data, they draw conclusions about the precision of the method and the quality of the laboratory.

Keywords: interlaboratory comparison, Grubbs' criterion, scatter, extrema.

МНОГОЦЕЛЕВОЕ МОБИЛЬНОЕ ЗОНДОВОЕ УСТРОЙСТВО

Микиртичан А.Л., Тутунджян А.А.

Институт микро- и нанoeлектроники
Институт прикладной полупроводниковой технологии, Тбилисского государственного
университета

1. ВВЕДЕНИЕ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Измерение электрических параметров является обязательным этапом при разработке и изготовлении изделий микроэлектроники.

Существует целый ряд стационарных многозондовых устройств, так называемых измерительных столов (типа ЗОНД-5М и др.), которые позволяют в автоматическом режиме проводить межоперационный контроль параметров микросхем и приборов пошагово по всей пластине. Кроме того, промышленностью разработаны и ручные зондовые станции для пластин диаметром до 150-200мм (типа 450PM, 4060, 8060 и др.). И те и другие, как правило, требуют наличия электропитания, сжатого воздуха и вакуума. Кроме того, они рассчитаны, в основном, на работу с целыми пластинами определенного диаметра и не позволяют проводить измерения на фрагментах пластин.

Вместе с тем, имеется целый ряд более простых в конструктивном плане задач, так например, при разработке таких дискретных приборов, как фотодиоды, солнечные элементы, различные сенсоры и другие изделия электронной техники, для измерительного контроля которых достаточно всего нескольких зондов. Применение сложных устройств в этом случае некорректно, как в плане их стоимости и сложности обслуживания, так и в плане удобства в работе, не говоря уже о невозможности манипулирования с небольшими фрагментами пластин.

В этой связи известны авторские свидетельства и патенты [1,2], посвященные созданию более простых зондовых головок и устройств, однако и они, на наш взгляд, не до конца решают вопрос оптимизации процесса измерений электрических и оптических характеристик дискретных приборов.

В настоящей работе предлагаются простые зондовые устройства, предназначенные для контроля и отбраковки дискретных чипов солнечных элементов, фотодиодов, транзисторов и других изделий электронной техники, а так же для проведения измерений на фрагментах полупроводниковых пластин различной конфигурации.

Авторы ставили перед собой задачу создания малогабаритного, мобильного, многоцелевого, удобного в работе зондового устройства для экспресс анализа основных параметров дискретных приборов в статическом режиме.

2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ.

За основу зондового устройства (рис.1) был взят фольгированный гетинакс (или текстолит). Медное покрытие служило, при необходимости, нижним электродом. Зонды изготавливались из вольфрамовой проволоки диаметром 0,5-0,8мм и затачивались известным электрохимическим способом в растворе КОН. Вольфрамовый зонд жестко крепился в верхней части держателя, который шарнирно соединялся с нижней частью, что позволяло поднимать и опускать зонд. Между верхней и нижней частями держателя была установлена пружина, которая после поднятия зонда опускала его на исследуемый объект с постоянной упругостью. Нижняя часть держателя имела лапки, которые фрикционно крепились на гетинаксовой пластине и позволяли при поднятом зонде перемещать последний как вдоль, так и поперек поверхности дискретного чипа или фрагмента пластины.

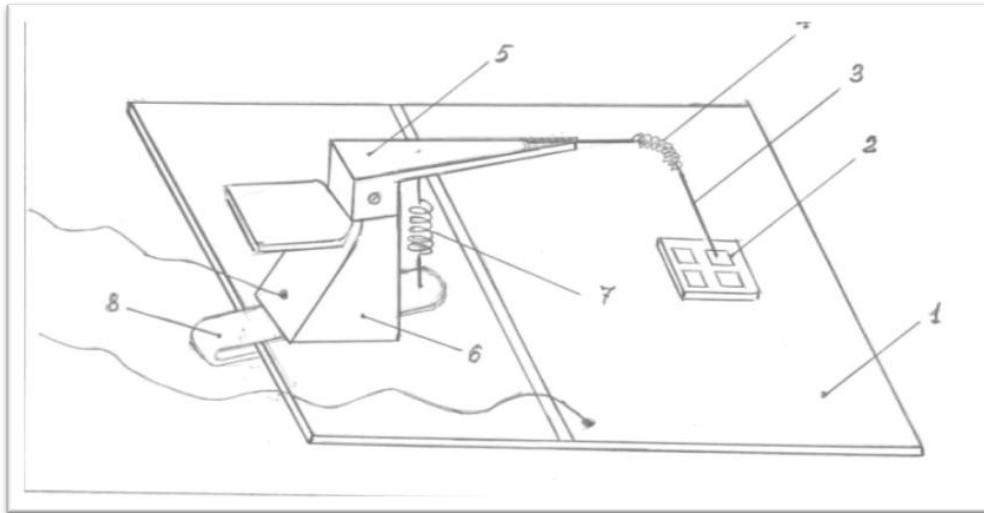


Рис1. Эскиз зондового устройства:

- 1 - фольгированный гетинакс; 2 - исследуемый чип; 3 - вольфрамовый зонд; 4 - медная проволока;
5 - верхняя часть держателя; 6 - нижняя часть держателя; 7 - пружина; 8 - фиксирующие лапки держателя.

При подготовке зондового устройства для конкретного типоразмера кристалла вольфрамовые зонды устанавливались под необходимым углом. Учитывая хрупкость вольфрама на них в месте их изгиба плотно наматывалась медная проволока диаметром 0,5-1,0мм (порядка 10 витков), которая позволяла сгибать и фиксировать зонд под нужным углом. Выводы от зондового устройства подключались к соответствующим измерительным приборам (мультиметр, ПНХТ, Л2-56 и др.).

Настройка зондов при замене кристаллов осуществлялась визуально, либо невооруженным глазом, либо под микроскопом (типа МБС с большим фокусным расстоянием), в зависимости от размеров контактных площадок.

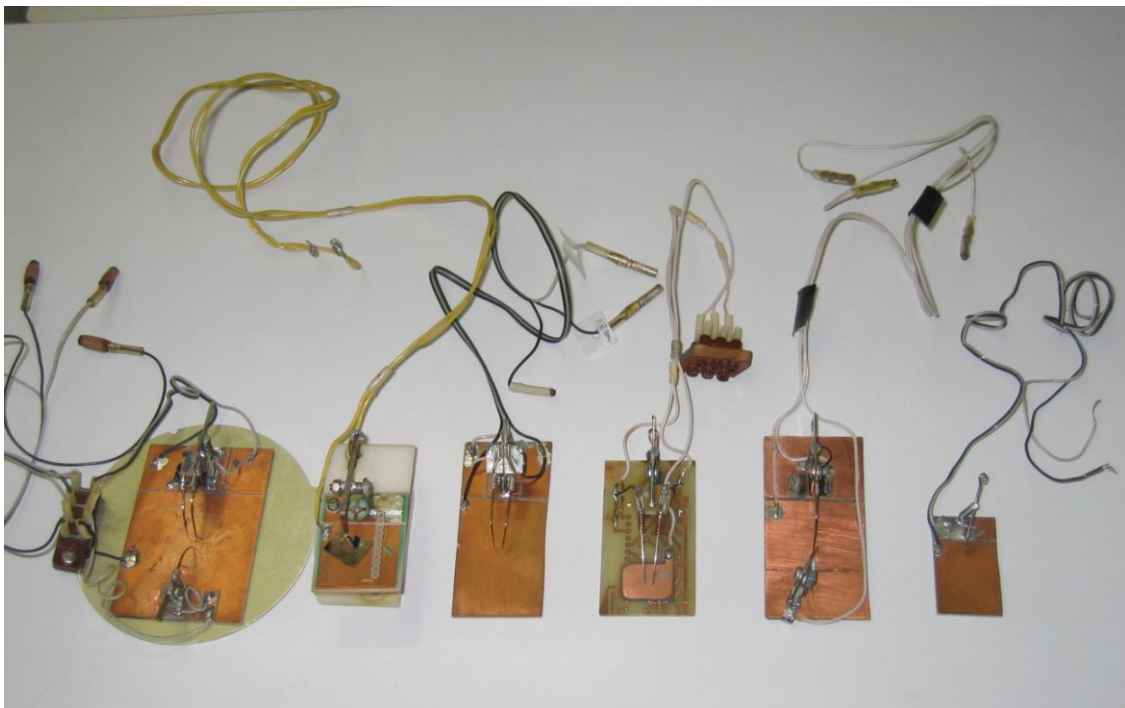


Рис.2. Зондовые устройства, разработанные под различные конкретные задачи

На одном держателе, при необходимости, можно установить несколько зондов, изолированных друг от друга, которые смогут одновременно подниматься и опускаться на контактные площадки исследуемого кристалла. Кроме того, возможна установка нескольких держателей с разных сторон чипа.

На рис.2 представлена неполная серия зондовых устройств, изготовленных под разные конкретные задачи.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение можно отметить, что разработанные зондовые устройства нашли свое практическое применение в ряде научных организаций г.Тбилиси для экспресс измерений параметров дискретных приборов.

Простота и дешевизна, возможность изготовления в лабораторных условиях, мобильность выгодно отличают эти устройства от дорогостоящего энергоемкого стационарного оборудования.

Концепция данного устройства позволяет, при необходимости, проводить его модификацию для каждой конкретной задачи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Р.И. Пламенков, И.Я. Милованов, Л.А. Евменев, И.Б. Шапошникова. Зондовая головка. Авт. свидетельство СССР, №843325, 1986.
2. В.А. Глушенко, И.И. Госсен, Г.Т. Вилисов. Зондовое устройство для измерения электрических параметров изделий микроэлектроники. Патент СССР, №1536528, 1986.

SUMMARY

MULTIPURPOSE MOBILE PROBE DEVICE

Mikirtichyan A.L. and Tutunjiyan A.A.

Institute of Micro- and Nanoelectronics

Institute of Applied Semiconductor Technology, Iv. Javakhishvili Tbilisi State University

The paper deals with the design and capabilities of the developed series of portable multipurpose mobile probe devices that allow rapid control of the main parameters of discrete microelectronic devices in the static mode.

Keywords: design, tungsten probe, measurement, discrete chip.

ჭარბი პაკეტების დაცოფის ალგორითმი მათი დროითი ხანგრძლივობების მიხედვით

ნატროშვილი თ.გ., რობიტაშვილი ა.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

1. შესავალი

გლობალურ ქსელებში პოსტის ერთ მხარეზე მდებარე სერვერის კომპიუტერიდან მეორე მხარეს მდებარე მიმღების კომპიუტერამდე პაკეტებს უხდებოდათ მრავალრიცხოვანი შუალედური სატრანზიტო-საკომუტაციო კვანძების გავლა. ცხადია, ასეთი კვანძების რაოდენობა გადასაცემი პაკეტების მარშრუტის გზაზე რაც უფრო მრავალრიცხოვანია, მით უფრო მეტი დროა საჭირო პაკეტების ჩაბარებისას მომხმარებელამდე მიმღების მხარეს. ცხადია, თუ რომელიმე სატრანზიტო მონაკვეთში პაკეტების დროულად გატარებას შეექმნა რაიმე დაბრკოლება, ეს ქმნის პრობლემებს პაკეტების დროულ გადაცემებში. ერთ-ერთ ასეთ დაბრკოლებას წარმოადგენს კვანძების პორტებში ჭარბი პაკეტების დაგროვება. (მაგალითად, დაზიანებები ხაზებში, ან თუ პაკეტების რომელიმე მარშრუტზე გავლისას გზაში შეხვდათ დაბალ-სიჩქარიანი კომუტატორი). დაგვიანების ალბათობა და ამ მიზეზით ქსელში გადატვირთვის რეჟიმების წარმოქმნა უფრო იზრდება და იგი უფრო შესამჩნევი ხდება პაკეტების ადრესატამდე ჩაბარების დროს, თუ ადგილი აქვს გრძელი (მოცულობითი) პაკეტების გადაცემებს. აქედან გამომდინარე მიზანშეწონილია გადაიცეს მოკლე პაკეტები. ამისათვის გადასაცემი გრძელი პაკეტები დროითი ხანგრძლივობების მიხედვით უნდა დაიყოს სერვერში რაც შეიძლება მოკლე შეტყობინებად (დეიტაგრამებად). მიზანშეწონილია სერვერის მხარეს შემუშავდეს და დაინერგოს მათი დაცოფის ალგორითმები (და საშუალებები), რათა თავიდან იქნეს აცილებული ზემოთნახსენები მიზეზებით გამოწვეული ქსელში გადატვირთული რეჟიმების წარმოქმნა [1].

2. ძირითადი ნაწილი

წარმოდგენილი სტატიის შესავალში ვახსენეთ, რომ დაგვიანებები პაკეტების გადაცემებში (ან მათი ტრანზიტის გზაზე შეყოვნებები) სერიოზულ გავლენას ახდენს სერვერებში გრძელი პაკეტების წარმოქმნაზე, რომელიც, თავის მხრივ, დიდ გავლენას ახდენს კლიენტისთვის მონაცემთა დროულ ჩაბარებაზე. ამავე მიზეზით ადგილი აქვს კომუტატორის ინტერფეისებში პორტებზე პაკეტების სიჭარბის წარმოქმნას, ანუ პაკეტების დაგროვებას.

ზემოსხსენებულის გარდა გათვალისწინებულია ერთი გარემოებაც. კერძოდ, პაკეტების დიდი სიმრავლის წარმოქმნას ბოლო პერიოდში ხელს უწყობს მობილური ტელეფონებიდან (მსოფლიო მასშტაბით ისინი მილიონობითაა) შეტყობინებების მკვეთრი ზრდა, რომლებიც ხშირად გვევლინებიან სერვერების როლშიც. ეს გარემოებაც ხელს უწყობს ქსელში სერვერული დატვირთვის მკვეთრ ზრდას პაკეტების ნაკადების ინტენსიობის ამაღლების კუთხით.

საჭიროა შემუშავდეს სპეციალური ანალიზატორი, რომელიც პაკეტების ნაკადების კონტროლის გარდა მოახდენს ჭარბი პაკეტების დაყოფასაც დროითი ხანგრძლივობების მიხედვით. პაკეტების დაყოფას აწარმოებს ოპტოელექტრონული ანალიზატორი. მას გააჩნია ოპტოელექტრონული მოწყობილობა, რომელშიც ელექტრული სიგნალები გარდაიქმნება ოპტიკურ სიგნალებად ოპტრონებში. მათი რაოდენობის მიხედვით (ოპტრონების აგზნებული ან არააგზნებული მდგომარეობაში ყოფნა ასახავს ოპტიკური სიგნალის დროით ხანგრძლივობებს) ვიმსჯელებთ შესაბამისი დეიტაგრამების რაოდენობას პაკეტში.

ჭარბი პაკეტების დროითი ხანგრძლივობების გარდა ანალიზატორი ახდენს პაკეტების რაოდენობის დათვლასაც კვანძის ინტერფეისებში, ე.ი. განახორციელებს მათი კონტროლის ფუნქციებსაც.

ალგორითმი რეალიზდება შემდეგი ბიჯების მიხედვით:

1. ანალიზატორი დაითვლის კვანძის შემავალ ინტერფეისში დაგროვილი ჭარბი პაკეტების საერთო რაოდენობას (მათში შემავალი დეიტაგრამების რაოდენობის მიხედვით), დააფიქსირებს მათ რიცხვს საწყისი მოვლელის რეგისტრით.

2. დაგროვილი პაკეტების რაოდენობიდან მოწყობილობა ანალიზატორის (პროცესორი) ამოარჩევს ისეთ პაკეტს (ან პაკეტებს) რომლებსაც გააჩნიათ დეიტაგრამების ყველაზე ნაკლები რაოდენობა (ანუ პაკეტის პაკეტს ყველაზე მოკლე დროითი ხანგრძლიობით).

3. ყველაზე მოკლე პაკეტების რიცხვს ამრავლებს ინტერფეისის შესასვლელზე თავმოყრილი (დაგროვილი) პაკეტების საერთო რაოდენობაზე. ნამრავლის მნიშვნელობას დააფიქსირებს მოწყობილობის დამგროვებელი ამჯამავი.

4. თითოეული პაკეტის შემცველი დეიტაგრამების რაოდენობას ანალიზატორის დეიტაგრამების გამომკლები მოწყობილობა აფორმირებს ჭარბი პაკეტების მეორე სიმრავლეს და ა.შ. ეს პროცესები გრძელდება ციკლურად.

5. ანალიზატორის 1-4 ბიჯის პროცედურები გრძელდება მანამ, სანამ ინტერფეისის შესასვლელში თავმოყრილი სიმრავლეში არ წარმოიქმნება 0 (ე.ი. სიმრავლე არ ამოიწურება) ან სიმრავლეში არ დარჩება ერთი პაკეტი მაინც, რომელიც შეიტანება ბოლო შესაკრების სახით დამგროვებელ ამჯამავში, რომელშიც ფორმირდება მისი (ამჯამავის) საბოლოო შემცველობა.

6. ამ ბიჯზე, რომელიც წარმოადგენს ალგორითმის ბოლო ბიჯს, ფორმირდება რიცხვი, რომელიც წარმოადგენს კომუტატორის გამოსასვლელში (უფრო ზუსტად გამოსასვლელ ინტერფეისში) წარმოქმნილი პაკეტების რაოდენობას.

3. დასკვნა

კომუტატორის შესასვლელში და გამოსასვლელში წარმოქმნილი ინტერფეისის მნიშვნელობები (შესასვლელ და გამოსასვლელზე არსებულ პორტებზე) მათი რაოდენობის მიხედვით უნდა დაემთხვნენ (ან არ დაემთხვნენ) ერთმანეთს, რაც მოწმობს კომუტატორის სწორ ან არასწორ ფუნქციონირებას (კორექტულ ან არაკორექტულ მუშაობას).

ლიტერატურა

1. Натрошвили О.Г., Габашвили Н.Б., Робиташвили А.Г. Методы регулирования трафика компьютерных сетей в условиях пульсации информационным потоками высокой интенсивности. //Georgian Engineering News, 2005, № 2, сс.111-113.

SUMMARY

THE ALGORITHM OF SEPARATION OF REDUNDANT PACKETS BY THEIR DURATION

Natroshvili O.G. and Robitashvili A.G.

Georgian Technical University

The paper deals with the algorithm of separation of redundant packets by their duration. New approaches to network transmission of the packets accumulated in switch node interfaces during rush hours are offered.

Keywords: transmission of redundant packets, separation algorithm, duration.

კორპორაციულ ინტრა და ექსტრაქსელეებში მონაცემთა ბაზაცემის
კონტროლის ერთი მეთოდის შესახებ

ნატროშვილი თ.გ., რობიტაშვილი ა.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

1. შესავალი

ბოლო პერიოდში ბიზნეს-პარტნიორები თავიანთი საქმიანობის ოპერატიულად წარმართვის მიზნით ხშირად იყენებენ კომპიუტერულ ინტრა და ექსტრაქსელეებში, რომლებიც ორგანიზებულია Internet-გლობალურ გარემოში.

კორპორაციული ინტრაქსელეები თავისი არსით არიან სრული ფუნქციონალური რეალიზაციები. მათ განშტოებებს წარმოადგენენ ექსტრაქსელეები, რომლებიც წარმატებით ანხორციელებენ მონაცემთა ურთიერთგაცვლებს მინიმუმ ორი ან ორზე მეტი კომპანიები [1].

ქსელის სერვერული მოწყობილობები წარმოადგენენ კომპიუტერული ქსელებისათვის მეტად საჭირო და აუცილებელ კომპონენტებს.

დიდი მნიშვნელობა ენიჭება კორპორაციის თანამშრომლებისათვის მაღალი საიმედოობით მათ მესხიერებაში მოთავსებული, საინფორმაციო რესურსების მოძიებასა და გამოყენებას. ხშირად ეს რესურსები ქსელში გაბნეულია ერთმანეთისგან გეოგრაფიულად დიდ მანძილებზე დაშორებულ ერთ ან რამოდენიმე სერვერზე, რომლებზედაც ქსელის კლიენტებს უწევთ ხშირი მიმართვების ჩატარება. ცხადია, ასეთი მიმართვების წარმატებით საწარმოებლად ქსელი უნდა მუშაობდეს ყოველთვის გამართულ რეჟიმში, რაც ბევრადაა დამოკიდებული ზემოთნახსენები სერვერული მოწყობილობების მუშა მდგომარეობაში მუდმივ მზადყოფნაზე. ეს უკანასკნელი კი თავის მხრივ მოითხოვს მუდმივი კონტროლის ჩატარებას, რაც გარკვეულ პრობლემას წარმოადგენს კომპიუტერულ ქსელში მონაცემთა გადაცემასა და მიღების სერვისების წარმოების ფორმების სახესხვაობისა და სერვერული მოწყობილობების დიდი რაოდენობის გამო [2]. გასათვალისწინებელია ის გარემოებაც, რომ რამოდენიმე სერვერზე მოძიებული მონაცემების დიდ მანძილებზე გადასაცემად ბიზნეს-პარტნიორებს შორის მიღწევამდე, მათ ხშირად უხდებათ ტრანზიტული მონაკვეთების გავლაც, რაც თავის მხრივ მოითხოვს შესაბამისად ტრანზიტული კომუტატორების შემავალი და გამავალი ინტერფეისების დატვირთვის დონის კონტროლსაც. მონაცემთა გადაცემების დროს ხშირად წამოიქმნება შეფერხებები, როგორც აღვნიშნეთ პაკეტების დიდ მანძილებზე გადაცემების დროს ერთმანეთისაგან ძალზე დაშორებულ სერვერებს შორის.

თუ ექსტრაქსელის მომხმარებლის ამოცანა თავისი რეალიზაციისათვის საჭიროებს რამოდენიმე სერვერზე ფორმირებული მონაცემების ხელახლა (განმეორებით) გადაცემებს, მაშინ ასეთი შეფერხებებისას (ან დროში დაყოვნების), რომ აღარაფერი ვთქვათ დაზიანებებზე, კავშირის საკომუნიკაციო ხაზებში დაყოვნების ალბათობა იზრდება და მათი აღმოფხვრა მოითხოვს წინასწარი საკონტროლო-სადიაგნოსტიკო სამუშაოების ხელახლა ჩატარებას თითოეული სერვერის ინტერფეისზე, რაც თავის მხრივ კვლავ პრობლემას წარმოადგენს [2].

ამ თვალსაზრისით ქვემოთ განხილული საკითხი მეტად აქტუალურია.

2. ძირითადი ნაწილი

წარმოდგენილ სტატიაში შევეცდებით ვაჩვენოთ კონტროლის შემოთავაზებული მეთოდი ინტრა და ექსტრაქსელებში ინტერფეისის შემავალ და გამავალ პორტებზე პაკეტების (ან მისი შემადგენელი ნაწილების-დეიტაგრამების) რაოდენობის ურთიერთშესაბამისობის თვალსაზრისით. მათი რაოდენობები უნდა ემთხვეოდეს ერთმანეთს. კონტროლი ვაწარმოოთ პორტებზე წარმოქმნილი დეიტაგრამების ჯამების მიხედვით ინტერფეისის გამოსასვლელ პორტებზე. განვიხილოთ შემდეგი კონკრეტული მაგალითი.

დავუშვათ საჭიროა ვაწარმოოთ ნებისმიერად აღებული მიმდინარე დროის მომენტში რომელიმე კვანძის შემავალ ინტერფეისში დაგროვდა 8 პაკეტი შემდეგი დეიტაგრამების მნიშვნელობებით: 1t,3t,3t,5t,5t,5t,8t,15t მათი ჯამი შეადგენს 55t (დეიტაგრამების მიწოდების ხანგრძლივობების მიხედვით $1+3+3+5+5+5+8+15=55$) ამ რვა პაკეტიდან წარმოებს ყველა უმცირესი ხანგრძლივობის პაკეტის (ან პაკეტების) დაფიქსირება. როგორც ვხედავთ იგი შეადგენს 3t-ს. ეს ხანგრძლიობა მრავლდება შემავალ ინტერფეისზე მიწოდებული პაკეტების საერთო რაოდენობაზე. (ე.ი. $3t*8=24t$) მიღებული ნამრავლი (24) პირველის შესაკრების სახით შედის და ფიქსირდება დამგროვებელ ამჯამავში (რომელიც გააჩნია საკონტროლო არითმეტიკულ მოწყობილობას). მომდევნო ეტაპზე ფორმირდება პირველი ნაშთი აკლდება რა ეს უმცირესი ხანგრძლივობები (3t) პაკეტების ყველა ხანგრძლივობებს. დაფიქსირებული საწყის პირველ ეტაპზე პაკეტების ხანგრძლივობებიდან შედეგად ვიღებთ კონტროლის მეორე ეტაპისათვის დარჩენილი პაკეტების საერთო რაოდენობას - 6. შემდეგ ამ ექვსი პაკეტიდან კვლავ შეირჩევა ის პაკეტი, რომლებსაც აქვთ კვლავ უმცირესი ხანგრძლივობა (2t). აღნიშნული მნიშვნელობა მრავლდება მეორე ეტაპისთვის დარჩენილი პაკეტების საერთო რაოდენობაზე (დარჩა 6 პაკეტი) ე.ი. ვიღებთ $2*6t=12t$. ეს მნიშვნელობა (12) მეორე შესაკრების სახით დაემატება დამგროვებელი ამჯამავის პირველ შესაკრებს (24t-ს). ე.ი. მივიღებთ $24t+12t=36t$ ამ პერიოდისათვის დარჩენილი 6 პაკეტის დროით ხანგრძლივობებს გამოაკლდება მეორე ეტაპზე დარჩენილი უმცირესი დროითი ხანგრძლივობები (2t). ამრიგად მიიღება მეორე ნაშთი, რომელშიც შედის 3 პაკეტი (პირველი პაკეტი 6t-ს ტოლი, მეშვიდე პაკეტი 3t-ს ტოლი,მერვე პაკეტი 10t-ს ტოლი)დარჩენილი ამ სამი პაკეტიდან კვლავ შეირჩევა უმცირესი ხანგრძლივობის პაკეტი(ჩვენს მაგალითში 3t მნიშვნელობის), რომელიც მრავლდება დარჩენილი პაკეტების საერთო რაოდენობაზე მესამე ეტაპზე (ე.ი. 6t-ზე). ამის შემდეგ დამგროვებელ ამჯამავში ფორმირებულ 36t მესამე შესაკრების სახით დაემატება 9t-ს. მესამე ეტაპის ბოლოს ამჯამავი იღებს $36t+9t=45t$ მნიშვნელობას. მსგავსი მოქმედება გრძელდება იმით რომ მესამე ეტაპისათვის დარჩენილ 1, 7 და 8 პაკეტების დროით ხანგრძლივობებს (6t,3t,10t) გამოაკლდება მესამე ეტაპზე შეჩრეული პაკეტების უმცირესი ხანგრძლივობები 3t. შედეგად ფორმირდება მესამე ნაშთი, ე.ი. მეოთხე ეტაპისათვის დარჩენილი საერთო პაკეტების რაოდენობა შედგენს ამ მომენტისათვის უკვე ორ პაკეტს (ერთი პაკეტი 3t ხანგრძლივობას, ხოლო მე-7 t-ს). ამ დარჩენილი ორი პაკეტიდან შეირჩევა პაკეტი რომელსაც გააჩნია უმცირესი დროითი ხანგრძლივობა (3t) და ეს 3t გამრავლდება ამ ეტაპზე დარჩენილი პაკეტების საერთო რაოდენობაზე. $3t*2t=6t$. ამ მე-4 ნამრავლის მნიშვნელობა (6t) დამატება ამჯამავში ამ მომენტისათვის არსებულ ჯამს 45t და მისი შემცველობა გახდება 51t. ($45t+6t=51t$). მე-5 ეტაპისათვის რჩება ერთი პაკეტი (მე-8 პაკეტი), რომლის ხანგრძლივობა შეადგენს 4t-ს. ვინაიდან პაკეტების რიცხვია მხოლოდ ერთი მისი ხანგრძლივობა გამრავლდება ერთზე და $4t*1=4t$. დამგროვებელ ამჯამავს ისიც მიემატება და საბოლოო ჯამი მიიღებს შემდეგ სახეს ($51t+4t=55t$). ამრიგად, დამგროვებელი ამჯამავის გამოსასვლელზე ვიღებთ

მნიშვნელობას 55t-ს, რომელიც ემთხვევა მაგალითში მითითებულ ყველა 8 რაოდენობის პაკეტების დეიტაგრამების ჯამურ ხანგძლივობებს, ე.ი. 55 t-ს.

3. დასკვნა

პაკეტების კონტროლის შემოთავზებული მეთოდის სრული რეალიზაციისათვის საჭიროა არითმეტიკული მოწყობილობა, რომელიც შეიცავს დეიტაგრამების მოვლელს, გამომკლებ-სამრავლ მოწყობილობებს და დამგორვებელ ამჯამავს. არითმეტიკული მოწყობილობების კვანძები ასრულებენ სულ შვიდ ოპერაციას.

ზემოთ განხილული კონტროლის მეთოდის უპირატესობა მდგომარეობს იმაში რომ ყველა პაკეტის დროითი ხანგძლივობები იკრიბება პარალელურად შესრულებული ეტაპების ერთმანეთზე დამოუკიდებლად.

ლიტერატურა

1. ონატროშვილი. კორპორაციული მონაცემების დაცვის პრობლემები ინტრა და ექსტრაქსელეებში. – თბილისი, განათლება, №2 (16) 2016.
2. ონატროშვილი. მონაცემთა-მიღება გადაცემის მართვისა და დიაგნოსტირების ალგორითმები კომპიუტერულ ქსელებში. -თბილისი, ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2009, 3-276

SUMMARY

ON A METHOD OF CONTROLLING THE DATA TRANSMISSION IN INTRA AND EXTRA COMPUTER NETWORKS

Natroshvili O.G. and Robitashvili A.G.

Georgian Technical University

The paper discusses the method of controlling the network server interface unit. The example confirming the validity of the method is given.

Keywords: computer network, server, interface unit, control.

გამონაკლისების საკუთარი კლასების შემუშავება JAVA-ში

გაჩეჩილაძე ლ.ფ., კურკუშელი ნ.გ., ნონიკაშვილი ლ.ა.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

გამონაკლისი არასტანდარტული სიტუაციაა, რომელიც პროგრამული კოდის შესრულების დროს წარმოიქმნება. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, გამონაკლისი შეცდომაა, რომელიც პროგრამის შესრულების დროს იჩენს თავს. დაპროგრამების ენებში, სადაც გამონაკლისების ანუ განსაკუთრებული სიტუაციების დამუშავება ავტომატურად არ ხდება, შეცდომები პროგრამისტის მიერ „ხელით“ უნდა შესწორდეს, რაც საკმაოდ დამღლედი და შრომატევადი პროცესია. გამონაკლისების დამუშავების თვალსაზრისით, დაპროგრამების ენა Java ამ პრობლემებისგან გვათავისუფლებს და მათი მართვა ობიექტზე ორიენტირებულ სამყაროში გადააქვს [1].

Java-ში გამონაკლისი არის ობიექტი, რომელიც იმ შეცდომითი ხასიათის სიტუაციას აღწერს, რაც პროგრამული კოდის ამა თუ იმ ფრაგმენტში წარმოიქმნება. ასეთ დროს შეცდომის გამომწვევ მეთოდში იქმნება და გადაიცემა ობიექტი, რომელიც გამონაკლისს წარმოადგენს. ამ შემთხვევაში მეთოდი ან თავად, დამოუკიდებლად ახდენს გამონაკლისის დამუშავებას ან უბრალოდ გაატარებს მას.

გამონაკლისთა ყველა ტიპი Throwable ჩადგმული კლასის ქვეკლასს წარმოადგენს ანუ იგი გამონაკლისთა კლასების იერარქიის ყველაზე მაღალ საფეხურზეა (მწვერვალზეა) განთავსებული. უშუალოდ Throwable კლასის ქვეკლასად ორი კლასი მოიაზრება, რომლებიც ყველა გამონაკლისის სიტუაციას ორ ცალკეულ შტოდ ყოფს. ერთ შტოს Exception კლასი „უდგას სათავეში“. ეს კლასი იმ გამონაკლისის პირობებისთვის გამოიყენება, რომლებიც სამომხმარებლო პროგრამამ უნდა დაიჭიროს. ის ამაფდროულად, არის კლასი, რომლისგანაც გამონაკლისი სიტუაციების საკუთარი ტიპების შექმნის დროს საკუთარი ქვეკლასები მემკვიდრეობით უნდა მივიღოთ. Exception კლასი შეიცავს მნიშვნელოვან ქვეკლასს, სახელწოდებით Runtime Exception. აღნიშნული ტიპის გამონაკლისი სიტუაციები ავტომატურად განისაზღვრება იმ პროგრამებისთვის, რომლებსაც ჩვენ ვწერთ, და მოიცავენ ისეთ შეცდომებს, როგორცაა ნულზე გაყოფა და მასივების მცდარი ინდექსაცია.

მეორე შტო Error კლასიდან იწყება. ის იმ გამონაკლისებს განსაზღვრავს, რომელთა წარმოქმნას პროგრამების ნორმალური შესრულების დროს არ ველით. Error ტიპის გამონაკლისები თავად Java-ს დაპროგრამების გარემოში მიმდინარე შეცდომების აღმოსაჩენად გამოიყენება. ასეთი შეცდომის ნიმუშს სტეკის გადავსება წარმოადგენს. Error ტიპის გამონაკლისები, როგორც წესი, კატასტროფული სიტუაციების პასუხად წარმოიქმნება, რომელთა დამუშავება ჩვენი პროგრამების მიერ შეუძლებელია [2].

მართალია, Java სისტემის გამონაკლისების სტანდარტული დამამუშავებელი პროგრამის გამართვის თვალსაზრისით საკმაოდ მოხერხებულია, მაგრამ, როგორც წესი, საკუთარ პროგრამებში წარმოქმნილი განსაკუთრებული სიტუაციების დამუშავება მომხმარებელს თავად სურს. ეს უკანასკნელი ორ უპირატესობას გვაძლევს. პირველ რიგში, საშუალება გვაქვს შეცდომა გამოვასწოროთ, ხოლო მეორეს მხრივ, პროგრამის შესრულების ავტომატურ შეწყვეტას ადვილი აღარ აქვს. ცხადია, მომხმარებელთა უმრავლესობა ყოველთვის უკმაყოფილო იქნება, თუ ჩვენი პროგრამა გაჩერებას და სტეკის ტრასირებას შეცდომის ყოველი წარმოქმნის შემთხვევაში შეუძლებს. თუმცა, ამ საკითხის გამოსწორება საკმაოდ მარტივადაა შესაძლებელი. საკმარისია Exception კლასის (რომელიც, თავის მხრივ Throwable კლასის ქვეკლასია) ქვეკლასის განსაზღვრა. არ არის სავალდებულო, რომ ამ ქვეკლასებმა რაიმეს რეალიზება მოახდინოს, რადგან ტიპების სისტემაში მათი არსებობაა მთავარი, რაც საშუალებას მოგვცემს ისინი გამონაკლისების სახით გამოვიყენოთ.

Exception კლასი საკუთარ მეთოდებს არ განსაზღვრავს. ბუნებრივია, ის მემკვიდრეობით იღებს Throwable კლასში წარმოდგენილ მეთოდებს. ამგვარად, ყველა გამოწვევისთვის, მათ შორის მომხმარებლის მიერ შექმნილი გამოწვევისთვისაც, Throwable კლასში განსაზღვრული მეთოდები წვდომადია. გამოწვევის საკუთარ კლასებში მომხმარებელს ამ მეთოდების ხელახალი განსაზღვრა შეუძლია.

ყოველივე ზემოთ თქმულის საილუსტრაციოდ წარმოვადგინოთ პროგრამა, რომელიც მომხმარებელს საშუალებას აძლევს სწორად შეიტანოს დრო საათებში, წუთებსა და წამებში [3]. პროგრამაში შექმნილია Exception კლასის ქვეკლასი სახელწოდებით MyException. გამოწვევის ჩვენ მიერ შექმნილი კლასის კონსტრუქტორს String ტიპის message სახელის მქონე არგუმენტი გადაეცემა და შევიშვავთ მეთოდი, რომელიც მომხმარებელს დროის არგუმენტებს სწორად შეატანინებს. ეს უკანასკნელი პროგრამის ნორმალურ დასრულებას განაპირობებს. დროის არგუმენტების არასწორად შეტანის შემთხვევაში კი იქმნება MyException კლასის ობიექტი და მომხმარებელი შეტყობინებას იღებს შეცდომის შესახებ. ვინაიდან მეთოდმა შესაძლოა აღძრას გამოწვევის, რომელსაც ის ვერ დაამუშავებს, ამიტომ მეთოდის აღწერას შესაბამისი განაცხადი დაეურთეთ (მივმართეთ throws ოპერატორს). გამოწვევის დაჭერა და დამუშავება კი მეთოდის გამოძახებულ კოდს შეეასრულებინეთ.

ამგვარად, პროგრამულ კოდს შემდეგი სახე აქვს:

```
class MyException extends Exception{
    MyException(String message){
        super(message);
    }
    inthour, minute, second;
publicvoid method1(inthour, intminute, intsecond) throws MyException{
    if(hour<0 || hour>23|| minute<0 || minute>59 || second<0 ||
    second>59)
        thrownew MyException("Invalid Number");
    else{
        this.hour=hour;
        this.minute=minute;
        this.second=second;
        System.out.println("პროგრამის ნორმალური დასასრული"); } } }
publicclass Lela {
publicstaticvoid main(String []args){
    try{
        Scanner ob=new Scanner(System.in);
        MyException obl=new MyException("My Exception");
        System.out.print("hour=");
        obl.hour=ob.nextInt();
        System.out.print("\nminute=");
        obl.minute=ob.nextInt();
        System.out.print("\nsecond=");
        obl.second=ob.nextInt();
        obl.method1(obl.hour, obl.minute, obl.second);
    }catch(MyException e){
        System.out.println("დაჭერილია " + e); } } }
```

შედეგი-1:

```
hour=2
minute=3
second=4
```

პროგრამის ნორმალური დასასრული

შედეგი-2:

```
hour=1
```

```
minute=60
```

```
second=-34
```

დაჭერილია `excep.MyException: Invalid Number`

ამგვარად, მოვახდინეთ გამონაკლისის საკუთარი კლასის შექმნა და მისი და-
ნიშნულებისამებრ გამოყენება.

ლიტერატურა

1. Шилдт. The Complete Reference, Java седьмое издание, The McGraw-Hill Companies, Inc. Нью - Йорк, 2007, 1057 p.
2. Дейтель П., Дейтель Н. Java. Как программировать, Девятый Editon, Prentice Hall, США 2012, 1536 p.
3. ლ.გახეილაძე, ლ.ნონიკაშვილი. მრავალნაკადური დაპროგრამება Java ენაზე. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2016, 164 გვ.

SUMMARY

CREATION OF OWN EXCEPTION CLASSES IN JAVA LANGUAGE

Gachechiladze L.P., Kurkumuli N.G. and Nonikashvili L.A.

Georgian Technical University

The paper deals with the possibilities for creation of own exception classes in the object-oriented JAVA language.

Keywords: exceptions, runtime exception, inheritance, stack, object-oriented programming language.

MANAGEMENT OF MACROECONOMIC DYNAMIC PRODUCTION SYSTEMS

Kadagishvili L.G.

V. Chavchanidze Institute of Cybernetics, Georgian Technical University
Georgian Engineering Academy

Abstract. Quasi-optimal relations in the pricing model, where the bank plays an important part, are of primary importance for balanced management of the free market. The bank is able to influence the price change in a certain or purchasing currency. The price of the products offered for sale is determined depending on what was the supply the previous day, i.e. how the product was sold the previous day. This is a characteristic function representing the entropy state of the free market. Entropy is a more realistic characteristic of the state than the statistical characteristics which are determined by probability values. In this case the existence of the range of types and the criteria of their realization comes into question. Management is of primary importance for balancing the macroeconomic dynamic production systems. This paper deals exactly with this process.

Keywords: free market, dynamic systems, bank, management.

Quasi-optimal relations in the pricing model, where the bank plays an important part, are of primary importance for balanced management of the free market. The bank has the ability to influence the price change in a certain or purchasing currency. A separate dealer does not have such opportunities. It could be that the price of the products offered for sale was predetermined depending on what was the supply the previous day, i.e. on the price at which the product was sold the previous day. This is a characteristic function representing the characteristic of the entropy state of the free market [1]. It is noteworthy that entropy is a more realistic characteristic of the state than the statistical characteristics which are determined by probability values. In this case the existence of the range of types and the criteria of their realization comes into question. Just these operations are to be considered, though in this case delay is crucial. Here the i currency is introduced. If we have fixed currency, the purchase and sale of products is balanced in currency units.

Say, we have demand D , supply S , and $P(t)$ – the currency price at moment t . Let us determine $D=D(t, P(t))$ with the same price $P(t)$. At moment t , some boom, caused by different $S=S(t, P(t))$, could happen at moment t , and $P(t)=P(t - \tau)$ could take place, though we can neglect τ , because the event could happen too soon to introduce the difference:

$$r(t)=D(t, P(t)) - S(t, P(t))$$

This will be the disbalance formula, i.e. in this case the integral satisfaction index is considered

$$q(t) = r(\tau_0) + \int_{\tau_0}^t r(s) ds$$

The study should be continued, and, from the standpoint of generality, the linearity modulus will be

$$D(t, P) = f(t) + \alpha P + \gamma$$

$$S(t, P) = q(t) + \beta P + \delta$$

This situation means that $r(t)$, representing the difference between D and S , is the derivative of $q(t)$ which is a linear function in relation to the price and a continuous function in relation to time

$$\frac{dq(t)}{dt} = (\alpha - \beta)(P(t) + h(t))$$

where

$$h(t) = f(t) - q(t) + \gamma - \delta \quad (1)$$

In this case the banker can operate within certain limits. He can raise the price or reset it (by increasing the supply)

$$\frac{dP(t)}{dt} = u(t - Q) \quad \tau_0 \leq t \leq \tau$$

Q is the operation time. The delay factor of Q has no significance. There may arise the question of generalization, say, a certain currency should be converted into another (with gaining in the process).

We need initial values for the banker to set a certain price at moment τ_1

$$\begin{cases} P(\tau_0) = \pi_0 \\ q(\tau_0) = \alpha_0 \end{cases} \quad (2)$$

This is a problem with fixed ends

$$\begin{aligned} P(\tau_1) &= \pi_1 \\ q(\tau_1) &= \alpha_1 \end{aligned}$$

Moment τ_1 could be fixed or not.

The third type is

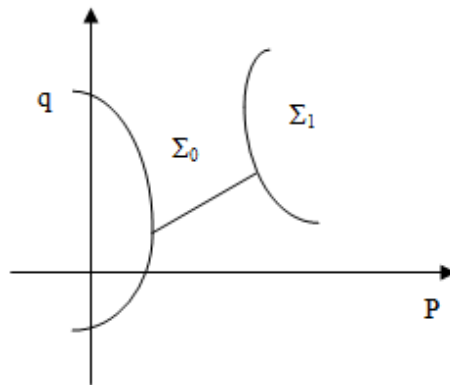
$$J(P) = \int_{\tau_0}^{\tau_1} P(t) dt - \begin{cases} \max \\ \min \end{cases} \quad (3)$$

Its aim is to find $\tau_0 \tau_1$ at the moment of variable u , and, knowing the values D and S at the initial moments, to determine the maximum and minimum values. To sell and buy with optimal adequacy is an important task.

Let us consider the problem for the fixed time which is similar to all above-mentioned cases only that τ_1 is given. There could be the situation when these values are not preliminarily given, but the links between them are known.

$$\begin{aligned} P(t) &= \pi_1 \left\{ \lambda P(\tau_0) + \mu P(\tau_1) = \rho \right. \\ q(\tau_1) &= \alpha_1 \left\{ \eta q(\tau_0) + \nu q(\tau_1) = \xi \right. \end{aligned}$$

i.e. the second condition will change. Hence let us write a new problem that combines all above-mentioned ones.



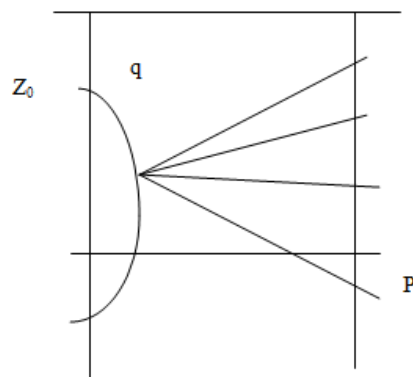
Assume that smooth varieties Σ_1 and Σ_2 are given on the plane. The combining function looks like

$$\begin{pmatrix} P(\tau_i) \\ q(\tau_i) \end{pmatrix} \in \Sigma_i \quad i = 0,1$$

From Eq. (2) we can derive that

$$P(\tau_i) = \frac{\rho - \lambda \pi_0}{\mu} = \pi_1$$

It should be noted that a transition to other plane is possible, i.e. the banker is not interested in π_1 and α_1 . The problems of 7 types will be to be solved. These are the problems with free ends. Why the banker may need to solve this problem?



If we omit α_1 , $J(P)$ could increase. The banker gets more profit, because he does not pay attention to what happens to disbalance. If we omit both ends, $J(P)$ can increase even more.

Let us consider other method – the dealer’s problem. The dealer’s task is to sell or to buy the dollar. It is desirable to make big profits, but he does not always succeed. For success, differential modeling is necessary.

Let us introduce the notions: $S=S(t, P)$ are the dollars offered on the market at time t at the price P . The t dependence may be determined not only by the price, but also t can be determined due to the political situation or the economic boom. $P=P(t)$ is the market price. If we have i in different currencies, then i dollars are purchased, say, in GEL, and we introduce $u(t)$ – the amount of sold currency at moment t , because the dealer either sells or buys the currency, and does not do both actions at the same time. To be specific, let us say that he first buys and then sells the currency

$$\underbrace{\tau_0 \leq t < \tau_1}_{\text{buys}} \leq t \leq \tau_f \underbrace{\leq t \leq \tau_f}_{\text{sells}}$$

Let us consider the problem: τ_1 is not specified, i.e. the dealer does not know when he must stop buying and begin selling, or the moment f when he must stop the process. It is a daily cycle. The dealer may not know the time of termination of the operation t . We can specify time t . Purchase/sale is associated with the daily cycle. Perhaps it is not limited by time, but by the dealer’s property. At the given moment of time ω , $0 < \omega \leq u(t) \leq \eta$, one does not buy more and at the next moment η one cannot buy more. Similarly, one does not sell more at moment $\bar{\omega}$, $0 < \bar{\omega} \leq u(t) \leq \bar{\eta}$, and one cannot sell more at moment $\bar{\eta}$. The termination points for $u(t)$ are $\tau_0 < t \leq \tau_1$ for the first case, and $\tau_1 < t \leq \tau_f$ for the second case.

When the dealer buys the dollar, the currency price increases

$$\frac{dP(t)}{dt} = \alpha u(t), \quad \alpha > 0$$

Thus, we expressed currency operations with the remaining amount of currency

$$r(t) = \begin{cases} S(t, P(t) - u(t)), & \tau_0 \leq t \leq \bar{u} \\ S(t, P(t) - u(t)), & \tau_1 \leq t \leq \tau_f \end{cases}$$

The dealer is interested in getting the most profit. His desire will be

$$\mu \left(\int_{\tau_0}^{\bar{u}} u(t) P(t) - \int_{\tau_1}^{\tau_f} u(t) P(t) dt \right) \rightarrow \max$$

In short, it is necessary to reduce the class of management – $u(t)$, $\tau_0 \leq t \leq \tau_1$ which satisfies the condition

$$1) \begin{cases} \frac{dP(t)}{dt} = \alpha u(t) & \tau_0 \leq t \leq \tau_1 \\ \frac{dq(t)}{dt} = S(t, P(t)) - u(t) \end{cases}$$

$$q(t) = \alpha_0 + \int_{\tau_0}^t r(S) dS$$

Actually, this is an integral remainder.

$$2) \begin{cases} P(\tau_0) = \pi_0, & P(\tau_1) = \pi_1 \\ q(\tau_0) = \alpha_0, & q(\tau_k) = \alpha_1 \end{cases}$$

Whether we know $q(\tau_k) = \alpha_1$ or not, assume that condition 2) is not given beforehand. Then the problem divides (splits) into two parts, because π_1 and α_1 are not given. If we know condition 2), then we will have two independent problems. Conditions (2) can be generalized.

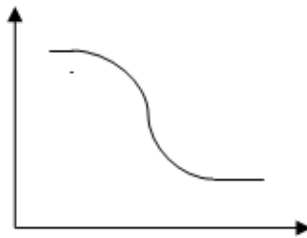
In these problems, there appears the product $u(t)P(t)$ which gives a nonlinear problem. That is why we will not dwell on its analysis. There exists an approximate solution to this problem, but it is not worth powder and shot.

When the dealer buys the currency, the time interval must be min, when he sells the currency, the time interval must be max

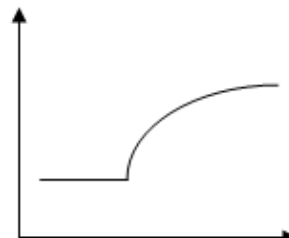
$$J(t) = \int_{\tau_0}^{\tau_1} P(t) dt \rightarrow \min$$

$$I(t) = \int_{\tau_1}^{\tau_f} P(t) dt \rightarrow \max$$

When buying, there can be two cases.



min



max

This is the win-win strategy, and it is unprofitable when it is multiplied by u .

With management, the objective function is

$$3) J(P) = \int_{\tau_0}^{\tau_1} P(t) dt \rightarrow \min$$

$$4) 0 \leq \omega \leq u(t) \leq \eta, \quad \tau_0 \leq t \leq \tau_1$$

These are the first group requirements.

The second group of requirements are

$$5) \begin{cases} \frac{dP(t)}{dt} = -\mu u(t) & \tau_1 \leq t \leq \tau_f \\ \frac{dq(t)}{dt} = S(t, P(t)) + u(t) \end{cases}$$

$$6) \begin{cases} P(r_f) = \pi_f & P(\tau_1) = \pi_1 \\ q(r_f) = \alpha_f & (\tau_1) = \alpha_1 \end{cases}$$

and

$$7) I(P) = \int_{\tau_1}^{\tau_f} P(t) dt \rightarrow \max$$

REFERENCES

1. Kadagishvili L.G. Cybernetics of Pricing.//Georgian Engineering News, 2015, No. 4, pp. 50-52.
2. Kadagishvili L.G. Pricing in Dynamics.//Georgian Engineering News, 2016, No. 1, pp. 32-35.

РЕЗЮМЕ

УПРАВЛЕНИЕ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ СИСТЕМАМИ

Кадагишвили Л.Г.

Институт им. В. Чавчанидзе, Грузинский технический университет

Грузинская инженерная академия

В сбалансированном управлении рыночной экономикой большое значение имеют квази-оптимальные связи модели ценообразования, где значительную роль играет банк. Банк может влиять на изменение цены определенной или закупочной валюты. Цена вынесенного на рынок товара зависит от того, какие были поставки в предыдущий день, т.е. от того как этот товар продавался в предыдущий день. Это характерная функция энтропийного состояния свободного рынка. В этом случае энтропия более реальная характеристика состояния, чем статистические данные, определенные вероятностными величинами. В этом случае под сомнением оказывается типовой спектр и критерии его реализации. Управление играет главную роль в балансировании макроэкономических динамических производственных систем. Именно этот процесс является предметом исследования данной статьи.

Ключевые слова: свободный рынок, динамичные системы, банк, управление.

ГИПОТЕЗА О БАЗОВОМ ОПЕРАТОРЕ ИНДУКТИВНОЙ ЛОГИКИ

Лежава Г.Г., Камкамидзе И.Ш., Берикишвили З.И., Мкртычян Э.М., Канделаки М.К.,
Вардосанидзе А.К.

Институт кибернетики им. В.В. Чавчанидзе, Грузинский технический университет

1. Вступление

Кибернетика позволила применить новый подход к извечной проблеме философии: «каким образом осуществляется отражение явлений, происходящих во внешнем мире, посредством процессов, происходящих в нашем разуме».

В 70-х годах прошлого столетия Владимир Чавчанидзе сформулировал программу исследований, в которой акцент делался на то, что «взаимоотношения человека, как субъекта и мира, как объекта познания, следует осветить не с точки зрения философской гносеологии, теории познания, а с точки зрения технологии, конструктивной, имитирующей, моделирующей теории и практики» [1].

Таким образом, на повестке дня становились не только отношения субъекта и внешнего мира, но и поиск путей создания искусственного разума, искусственного интеллекта на основе этих исследований.

В деле создания искусственного разума существенное значение имеет физическое, математическое и компьютерное моделирование этапов эволюционного развития тех фундаментальных функций, зародыши которых были заложены уже в первых живых образованиях и которые в конечном итоге обусловили возникновение феномена мышления.

Интеллектуальная активность человека осуществляется путем взаимосогласованной работы двух различных по своей природе логических систем – систем индуктивного и дедуктивного выводов. Соответственно, имеем две логики: индуктивную и дедуктивную, которые отражают законы мышления.

Инструментальное обеспечение – «хардвеа», с помощью которого осуществляется эта активность – это человеческий головной мозг. Известно, что правое и левое полушария мозга функционируют по-разному, и их функции, в основном, различны.

Левое полушарие мозга ответственно за обработку вербальной информации; оно ответственно за логику и анализ. При этом следует отметить, что обработка информации левым полушарием происходит последовательно во времени. Следовательно, левое полушарие управляет теми функциями мышления, которые, в основном, относятся к сфере дедуктивной логики.

Правое полушарие ответственно за обработку информации, представленной образно в виде изображений. Обработка информации левым полушарием происходит параллельно; для неё характерно рассмотрение проблемы в целом, без последовательного анализа. Соответственно, правое полушарие управляет теми функциями мышления, которые, в основном, относятся к сфере индуктивной логики [2].

Дедуктивная логика располагает многовековыми традициями, строгим математическим аппаратом вывода и совершенными средствами автоматизации операций в виде современных ЭВМ.

Несмотря на то, что индуктивная логика была и остается незаменимым базовым методом и широко применяется почти во всех сферах современной науки, везде, где необходимы оценка и исключение гипотез, она долго находилась вне пределов внимания ученых. До сих пор не удалось создать теорию индуктивной логики и, подобно дедуктивной

логике, оснастить ее соответствующим математическим аппаратом и техническими средствами автоматизации вывода.

Так как работа мозга обусловлена совместной согласованной работой обоих полушарий, т. е. согласованной работой индуктивной и дедуктивной систем, можно полагать, что искусственно созданная разумная система также должна содержать две основанные на различных принципах обработки информации подсистемы: подсистемы индуктивного и дедуктивного выводов.

2. Гипотеза о базовом операторе индуктивного вывода

Феномен мышления возник путем эволюционного развития адаптационных механизмов простейших живых образований. Из эволюционной зоопсихологии известно, что простейшие одноклеточные реагируют лишь на те раздражители, которые имеют значение для их существования, оставаясь индифферентными по отношению к раздражителям, которые никак не участвуют в их жизнедеятельности [3, 4].

Индуктивная и дедуктивная логики коренным образом отличаются друг от друга. Они возникли на разных этапах эволюции и предназначены для решения различного типа задач. Для индуктивной логики рабочей средой является воспринимаемый рецепторами реальный мир. Для дедуктивной же логики рабочей средой является пространство описаний со всеми формируемыми в нем посредством индуктивной логики кластерами, образами и понятиями, откуда она черпает все принимаемые за верные послышки. Учитывая существенное различие между индуктивной и дедуктивной логиками, можно полагать, что к задаче разработки основ индуктивной логики следует применить подход, совершенно отличающийся от принципов, заложенных в фундаменте дедуктивной логики.

Рассмотрим следующую модель: имеется гипотетическое образование – биоорганизм, который существует в некоторой среде, в которой добывает пищу и спасается от существующих там опасностей. Данное образование обладает сенсорами, с помощью которых оно воспринимает текущее состояние среды в виде n -мерного вектора $X^n = \{x_i\}$, $i = 1, 2, \dots, n$, т.е. каждому конкретному состоянию среды соответствует точка в n -мерном сенсорном пространстве, или в т.н. пространстве описаний. Индекс η показывает принадлежность данного конкретного состояния к некоторому классу состояний, о чем будет сказано ниже.

Допустим, что наш гипотетический биоорганизм в процессе «накопления опыта» – в процессе «обучения» реагирует и запоминает только существенные для его жизнедеятельности – для его устойчивости – состояния среды; для простоты допустим также, что у нашего биоорганизма выработалась способность различать состояния среды только двух типов: «плохие», содержащие опасность, и «хорошие», связанные с возможностью овладеть необходимой для жизнедеятельности добычей (пищей). Допустим, что в случае «плохих» состояний индексу η присваиваются значения „0“, а в случае «хороших» состояний – значения „1“, т.е. биоорганизм запоминает и метит упомянутым образом только существенные для его жизнедеятельности раздражители.

В течение всего времени жизнедеятельности биоорганизм **сравнивает** возникающее на его сенсорах текущее состояние среды \hat{X} со всеми фиксированными в памяти индексированными состояниями. Суть сравнения заключается в установлении по определённому критерию степени сходства, т. е. в определении в сенсорном пространстве расстояний между точкой \hat{X} и всеми записанными в процессе обучения индексированными точками.

Результат сравнения определяет реакцию образования; если окажется, что индекс ближайшего состояния $\eta = 0$, т.е., если текущее состояние *похоже* на ранее запомнившееся «плохое» состояние, образование попытается изменить ситуацию путем перемещения в пространстве. Аналогично, если индекс ближайшего состояния $\eta = 1$, т.е. если текущее состояние *похоже* на «хорошее», связанное, например, с овладением пищей запомнившееся состояние, образование попытается овладеть пищей.

Операция сравнения описанного типа заложена в основы любого энтропийно устойчивого образования. Она дает возможность образованию осуществлять опережающую реакцию, избегать опасности, и добывать пищу. Эта способность значительно повышает устойчивость образования в среде, взаимодействие с которой является обязательным условием его существования. Именно в связи с этой операцией проявились впервые у простейших такие феномены, как запоминание-обучение, т.е. накопление знаний и выработка решений на основании этих значений.

На основании этих феноменов, как на фундаменте, возникла психика – сначала способность живых образований адекватно реагировать на внешние воздействия, а после длительной эволюции возник интеллект т.е. способность мышления.

Согласно данной гипотезе, описанная операция сравнения является базовой операцией индуктивной логики.

Таким образом, операция сравнения текущего состояния с фиксированными в памяти индексированными состояниями и на основании этого сравнения принятие решения о совершении того или иного действия является базовой операцией индуктивной логики.

3. Заключение

Подход к проблеме создания искусственного разума, основанный на изложенной выше гипотезе о базовой операции индуктивной логики, которая заключается в сравнении сенсорной информации с информацией, фиксированной в памяти при обучении, имеет ряд преимуществ. Он позволяет приблизить модели искусственного интеллекта к естественному.

На основании данного подхода был разработан процессор индуктивного вывода [5,6]. Параллельность и одновременность осуществления операции сравнения многомерных векторов делает процессор уникальным в смысле решения актуальных практических задач в реальном времени. Процессор упомянутого выше типа был использован в задаче беспилотной навигации.

Гибридная интеллектуальная система, в которой роль адаптивной части выполняет процессор индуктивного вывода, является в определенном смысле универсальной системой, которая с точки зрения характера функционирования близка к естественному интеллекту и обеспечивает развитие моделей искусственного интеллекта по схеме, аналогичной развитию естественного интеллекта в процессе эволюции, что свидетельствует о перспективности подхода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чавчанидзе В. В. Естественный и искусственный концептуальный интеллект. /Материалы IV Международной объединенной конференции по искусственному интеллекту, Тбилиси, Изд-во АН ГССР, 1975.
3. Zdenek M. The Right-Brain Experience. -Santa Barbara. Two Roads Publishing, Right-Brain Resources, Inc. 1995.
4. А. Н. Леонтьев. Проблемы развития психики. 4-е изд. -М., Изд-во Моск. ун-та, 1981.
5. Фабри К.Э. Основы зоопсихологии. 3-е изд. -М., Российское психологическое общество, 1999.

6. G. Lezhava. Application of Optical Memory in Hybrid Systems of Artificial Intelligence. Optical Memory & Neural Networks, Allerton Press, Inc. 2002, № 2.
7. Лежава Г.Г., Камкамидзе И.Ш., Берикишвили З.И. Система индуктивного вывода для моделирования интеллектуальных процедур. // Georgian Engineering News, №1, 2008, сс.92-96.

SUMMARY

HYPOTHESIS ON THE BASE OPERATOR OF INDUCTIVE LOGIC

Lezhava G.G., Kamkamidze I.Sh., Berikishvili Z.I., Mkrtychyan E.M., Kandelaki M.K. and Vardosanidze A.K.

V. Chavchanidze Institute of Cybernetics, Georgian Technical University

The hypothesis on the base operator of inductive logic which consists in the comparison of the current touch information with the information fixed in the memory of an intellectual system is offered. As the arguments confirming the hypothesis, the known positions from evolutionary zoopsychology and from research on the creation of artificial intellect are considered. The approach which the hypothesis is based on allows solving the practical problems in real time and approaching in the artificial intellect models to the natural intellect.

Keywords: artificial intellect, inductive reasoning, inductive logic, deductive logic, hybrid intellectual system.

ახვერული ზედაპირის მქონე სიმეტრიული კონცენტრატორის ბათვილა

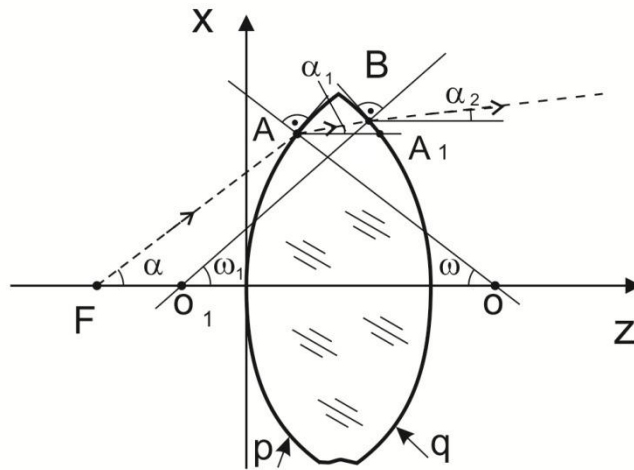
შალამბერიძე დ.მ., ზარდიაშვილი დ.გ., ავალიანი ი.მ., კორძახია ი.ი.

სსიპ ინსტიტუტი “ოპტიკა”

ოპტიკური დეტალების დამზადების ტექნოლოგიის მნიშვნელოვან ეტაპს წარმოადგენს მათი ზედაპირების დამუშავება ხეხვით და აპრიაცია, რის დროსაც გამოიყენება სპეციალური პასტები და მაღალი სიზუსტით დამზადებული შაბლონები, რომელთა ფორმა ზუსტად იმეორებს ოპტიკური დეტალის პროფილის ფორმას. ასეთი შაბლონების დამზადება ბევრ სირთულესთანაა დაკავშირებული, რაც საგრძნობლად ართულებს და აძვირებს ოპტიკური დეტალების წარმოებას. ინსტიტუტს “ოპტიკა” პოლიმერული ასფერული ლინზების დამზადების 40-წლიანი გამოცდილება აქვს. ჩვეულებრივ, ასეთ ლინზებს სხვადასხვა პროფილის მქონე ზედაპირები გააჩნიათ, ამიტომ თითოეული ასეთი ლინზის დამზადებას, მინიმუმ, ორი სხვადასხვა ფორმის შაბლონი სჭირდება. ამ პრობლემის გადასაჭრელად ჩვენს მიერ შემუშავდა მათემატიკური მოდელი, რომელიც საშუალებას იძლევა გაითვალის ისეთი ლინზა-კონცენტრატორი, რომლის ორივე ზედაპირს ერთნაირი პროფილი აქვთ.

დავუშვათ, კონცენტრატორს, რომელიც მისი ოპტიკური ღერძის პარალელური სხივებს გარდატეხს ფოკუსში, გააჩნია შემდეგი ფიქსირებული პარამეტრები: ფოკუსური მონაკვეთი f , სისქე d და მასალის გარდატეხის მაჩვენებელი n . მისი პროფილის გათვლის ჩვენს მიერ შემუშავებული მეთოდი მდგომარეობს შემდეგში:

ლინზის უკანა ფოკუსის წერტილიდან F (ნახ. 1) ოპტიკური ღერძისადმი α კუთხით გავატაროთ სხივი, რომელიც ლინზის p და q ზედაპირებს გადაკვეთს, შესაბამისად, A და B წერტილებში, ანუ გვაქვს FAB სხივთა სველა.



ნახაზი 1.

p, q – ლინზის ზედაპირები, F – ლინზის უკანა ფოკუსი, A, B – სხივის p და q ზედაპირებთან გადაკვეთის წერტილები, $\alpha, \alpha_1, \alpha_2$ – კუთხეები სხივსა და ოპტიკურ ღერძს შორის, ω, ω_1 – კუთხეები A და B წერტილებში ზედაპირებისადმი გავლებულ ნორმალსა და ოპტიკურ ღერძს შორის,

ჩავთვალოთ, რომ A წერტილის მიდამოში p ზედაპირის პროფილის განტოლება მოცემულია შემდეგი პარაბოლური სახით:

$$z(x) = z_0 + p_1(x - x_0) + p_2(x - x_0)^2, \quad (1)$$

სადაც x_0 და z_0 A წერტილის კოორდინატებია, ხოლო p_1 და p_2 კოეფიციენტებისთვის გვაქვს:

$$p_1 = \left. \frac{dz(x)}{dx} \right|_{x=x_0}, \quad p_2 = \left. \frac{d^2z(x)}{2 \cdot dx^2} \right|_{x=x_0}. \quad (2)$$

x_0, z_0, p_1 და p_2 სიდიდეების საწყისი მნიშვნელობების საპოვნელად კარგი მიახლოებით შეგვიძლია ჩავთვალოთ, რომ მცირე α კუთხის შემთხვევაში, ანუ p ზედაპირის ცენტრალურ უბანში, პროფილი წარმოადგენს r რადიუსის მქონე სფეროს. r -ის გამოსათვლელად შეგვიძლია ვისარგებლოთ სქელი ლინზის ფორმულით [1]. იმ შემთხვევაში, როცა $r_1 = r_2 = r$, მივიღებთ:

$$r = \frac{(d + 2nf + \sqrt{d^2 + 4n^2f^2})(n - 1)}{2n}. \quad (3)$$

ლინზის ცენტრის მიდამოში p ზედაპირის განტოლებას ექნება სახე $z = r - \sqrt{r^2 - x^2}$, ამიტომ x_0 წერტილში გვექნება:

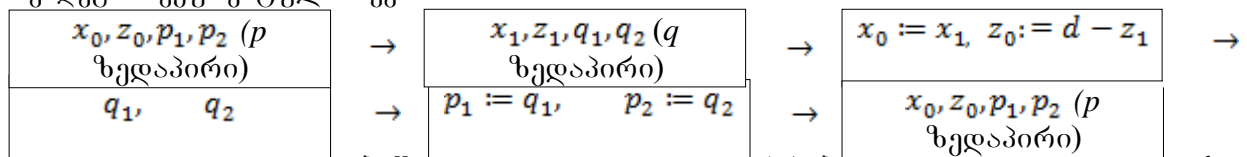
$$z_0 = r - \sqrt{r^2 - x_0^2}, \quad p_1 = \frac{x_0}{\sqrt{r^2 - x_0^2}}, \quad p_2 = \frac{1 + p_1^2}{2(r - z_0)}, \quad \alpha = \arctg\left(\frac{x_0}{z_0 + F}\right).$$

q ზედაპირი განსაზღვრული არ არის, ამიტომ B წერტილის კოორდინატების გამოსათვლელად მხედველობაში მივიღოთ, რომ p და q ზედაპირები სიმეტრიულია $z = \frac{d}{2}$ წრფის მიმართ. ამიტომ A წერტილის სიმეტრიულ A_1 წერტილში ზედაპირის საინტერპოლაციოდ გამოდგება პარაბოლა, რომელიც მიიღება განტოლებით $z = d - z_0 - p_1(x - x_0) - p_2(x - x_0)^2$ და B წერტილი იქნება AB სხივის გადაკვეთა ამ ზედაპირთან, საიდანაც მივიღებთ B -ს კოორდინატებს $B(x_1, z_1)$.

B წერტილში q ზედაპირის პარაბოლური ინტერპოლაციით გვექნება $z = z_1 - q_1(x - x_1) - q_2(x - x_2)^2$. q_1 მარტივად განისაზღვრება პირობიდან $\alpha_2 = 0$ (რადგან ფოკუსში გამავალი სხივი ლინზაში გარდატეხის შემდეგ გაივლის ოპტიკური ღერძის პარალელურად) ხოლო q_2 -ის საპოვნელად გამოვიყენოთ ფოკუსირების პირობა

$$\frac{d\alpha_2}{d\alpha} = 0, \quad (4)$$

(რადგან α კუთხის მცირე ვარიაციის შემთხვევაშიც α_2 კუთხე არ უნდა შეიცვალოს). ამის შემდეგ p ზედაპირის წერტილად ავიღებთ B წერტილის სიმეტრიულ წერტილს და გავიმეორებთ იგივე პროცედურას. ე.ი. პროფილის გამოსათვლელად გვექნება შემდეგი რეკურენტული სქემა:



ამ სქემის განხორციელებაში მთავარ მათემატიკურ პრობლემას წარმოადგენს q_2 -ის პოვნა. ამ პრობლემის გადასაწყვეტად ჩვენ ვიყენებთ შემდეგ მოდელს:

მარტივი გეომეტრიული და ოპტიკური მოსაზრებებიდან გამომდინარე მივიღებთ, რომ

$$\alpha = \arctg\left(\frac{x}{z + f}\right), \quad \omega = \arctg(p_1),$$

$$\alpha_1 = \arcsin\left(\frac{\sin(\alpha + \omega)}{n}\right) - \omega, \quad q_1 = \frac{n \cdot \sin \alpha_1}{n \cdot \cos \alpha_1 - 1},$$

$$\omega_1 = \arctg(q_1),$$

$$x_1 = x + t, \quad z_1 = z + \frac{x_1 - x}{\tan \alpha_1};$$

სადაც

$$t = \frac{\sqrt{(p_1 + \cot \alpha)^2 + 4p_2(d - 2z) - p_1 - \cot \alpha}}{2p_2}.$$

თუ q_2 -ის საპოვნელად გამოვიყენებთ (4) პირობას, მივიღებთ:

$$q_2 = \frac{1}{2\cos^2(\omega_1)} \cdot \frac{d\omega_1}{dx_1} = \frac{1}{2\cos^2(\omega_1)} \cdot \frac{d\omega_1}{da} \cdot \frac{da}{dx_1} =$$

$$= \frac{1}{2\cos^2(\omega_1)} \cdot \frac{uv}{(v-1)} \cdot \frac{1}{\left(\frac{dx}{da}(k_1 - p_1) + (x_1 - x_0) \frac{u}{\sin^2(\alpha_1)}\right)},$$

სადაც გამოყენებულია შემდეგი აღნიშვნები:

$$u = \frac{\cos(\alpha + \omega)}{\sqrt{n^2 - \sin^2(\alpha + \omega)}} \left(1 + 2p_2 \cos^2(\omega) \frac{dx}{da}\right) - 2p_2 \cos^2(\omega) \frac{dx}{da};$$

$$k_1 = \cot(\alpha_1);$$

$$v = \frac{n}{\sqrt{1 + (1 - n^2) \tan^2(\omega_1 - \alpha_1)}};$$

$$\frac{d\omega_1}{da} = \frac{vu}{v-1};$$

$$\frac{dx_1}{da} = \frac{1}{k_1 + q_1} \left(\frac{dx}{da}(k_1 - p_1) + (x_1 - x_0) \frac{u}{\sin^2(\alpha_1)}\right).$$

მაგალითისათვის ამ მეთოდით გავთვალეთ ღინზა შემდეგი პარამეტრებით: $f = 50$, $d = 15$ და $n = 1.5$. უმცირეს კვადრატთა მეთოდის გამოყენებით [2] მოვახდინეთ მიღებული დისკრეტული წერტილების ინტერპოლაცია მე-8 რიგის პოლინომით [3]

$z = a_1 x^2 + a_2 x^4 + a_3 x^6 + a_4 x^8$. ამასთან, ინტერპოლაციის პროცესს ამარტივებს ის, რომ პოლინომის პირველი კოეფიციენტი ცნობილია $a_1 = \frac{1}{2r}$. გამოთვლებით მივიღეთ შემდეგი შედეგები:

$$a_1 = 9.501243 \cdot 10^{-2};$$

$$a_2 = -1.714148 \cdot 10^{-3}; a_3 = 2.769496 \cdot 10^{-5}; a_4 = 7.392902 \cdot 10^{-8};$$

$$0 \leq x \leq 26.$$

ფარდობითი ცდომილება ამ შემთხვევაში არ აღემატება 0.34%-ს, რაც ძალიან მაღალი სიზუსტეა.

ამგვარად ამ მეთოდით ასფერული ზედაპირების გათვლა მოგვცემს საშუალებას დამზადდეს მაღალი ხარისხის უაბერაციო ღინზები ერთი შაბლონის გამოყენებით (ერთი ორმხრივ ამოზნექილი ღინზა, ან ორი ბრტყელ-ამოზნექილი ღინზა მათი შემდგომი შეწებებით), რაც იძლევა გარკვეულ ფინანსურ ეკონომიას იმის გათვალისწინებით, რომ თვითოეული შაბლონის დამზადება ჯდება საკმაოდ სოლიდური თანხა.

ლიტერატურა

1. М. Борн, Э.Вольф. Основы оптики. –Москва, Наука, 1970, 190 с.
2. Л.З. Румшинский. Математическая обработка результатов эксперимента. –Москва, Наука, 1971, 56 с.
3. ჯ.გ. აბაზაძე, ჯ.ი. ავალიანი, ს.რ. კიბლერი, ი.ი.კორძახია, დ.მ.შალამბერიძე. მზის გამოსხივების ოპტიკური კონცენტრატორი ნახევარგამტარული გარდამქმნელებისათვის. –თბილისი. 1996, გვ. 4.

SUMMARY

CALCULATION OF THE SYMMETRICAL CONCENTRATOR WITH ASPHERICAL SURFACES

Shalamberidze D.M., Zardiashvili D.G., Avaliani I.M. and Kordzakhia I.I.

LEPL Institute “Optica”

The paper deals with a mathematical method of calculation of aspherical lens surfaces. We derived a recursive scheme for serial calculation of the coordinates of points of symmetric profiles. This scheme allows calculating and producing the high-quality aspheric lens-concentrators without aberrations with a minimum number of expensive punches, which greatly reduces the cost and simplifies the process of manufacture.

Keywords: optics, aspherical surface, lens.

ლინზების ცენტრირების მეთოდების ანალიზი

ივანიძე ი.დ., კორძაია ი.ი., დეკანოზიშვილი გ.გ., ავალიანი ი.მ.

სსიპ ინსტიტუტი “ოპტიკა”

ლინზების დამზადების და ოპტიკური სისტემების აწეობის ტექნოლოგიურ პროცესებში ერთ-ერთ აუცილებელ ოპერაციას წარმოადგენს ლინზების ცენტრირება, რადგან დეცენტრირებული ლინზები იწვევენ გამოსახულების აბერაციებს.

ლინზების დამზადებისას ცენტრირების ოპერაცია შესდგება ორი მიმდევრობითი გადასვლისგან:

- 1) ლინზის ოპტიკური ღერძის შეთანწყობა ჩარხის მბრუნავი შპინდელის ღერძთან და ფიქსირება;
- 2) შპინდელის (გეომეტრიული) ღერძის შეთანწყობა ოპტიკურ ღერძთან ლინზის დიამეტრის დამუშავებით.

გეომეტრიული და ოპტიკური ღერძების შეთანწყობის სიზუსტე დამოკიდებულია რამოდენიმე ფაქტორზე:

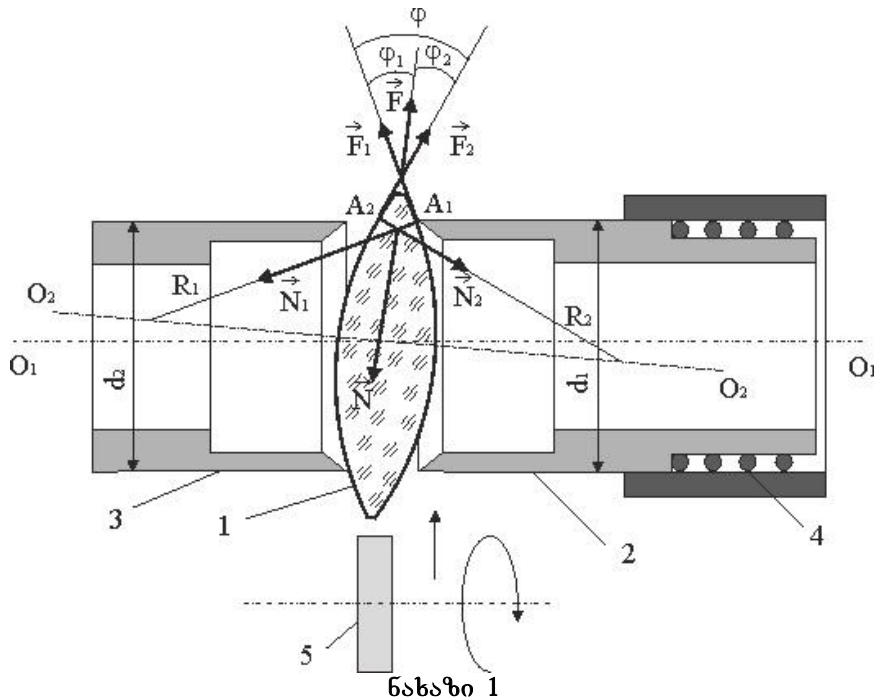
- 1) ლინზის დიამეტრზე (D) და ზედაპირების სიმრუდის რადიუსებზე (R); 2) ლინზის შპინდელში ჩაყენების ხერხზე; 3) ჩარხის შპინდელის სიზუსტეზე;
- 4) ტექნოლოგიური ბაზის სიზუსტეზე, რომლის ფუნქციასაც ასრულებს მბრუნავი შპინდელის ცენტრირების ვაზნის წიბო (ანუ წიბოს მართობულობა მბრუნავი ღერძის მიმართ); 5) შემსრულებლის კვალიფიკაციაზე.

წარმოებაში გამოიყენება ლინზის ოპტიკური ღერძის და ჩარხის მბრუნავი შპინდელის ღერძის შეთანწყობის სამი მეთოდი:

- 1) მექანიკური, რომლის დროსაც ხდება ლინზის ჩაყენება და ფიქსირება თანაღერძულად დაყენებულ თვითცენტრირებად ცილინდრულ ვაზნებს შორის (ნახ.1);
- 2) ავტოკოლიმაციური, რომლის დროსაც ლინზის ცენტრირება ხდება მისი ზედაპირიდან არეკლილი კოლიმაციური სხივის საშუალებით, ხოლო ფიქსირება ხორციელდება მისი მიწებებით შპინდელის ვაზნაზე (ნახ. 2);
- 3) მაცენტრირებელი ხელსაწყო გამოყენებით, რომელიც შესდგება კოლიმატორისგან და ბადიანი ობიექტივისგან.

ძირითადად, სერიულ წარმოებაში გამოიყენება ლინზის ცენტრირების მექანიკური მეთოდი.

ცენტრირების მექანიკური მეთოდის გამოყენებისას (ნახ. 1) ლინზას 1 ათავსებენ თვითმაცენტრირებელ ვაზნებს 2 და 3 შორის, რომლებიც თანაღერძულად არიან დამაგრებულნი ჩარხზე და ბრუნავენ სინქრონულად. ვაზნა 2 შპინდელთან ერთად იმყოფება ზამბარის 4 ზემოქმედების ქვეშ და აწევა ლინზას 1. ამის შედეგად ლინზაზე A_1 წერტილში მოქმედებს ორი ძალა: ჩამჭერი \vec{N}_1 (A_1 წერტილში გავლებული ლინზის პროფილის მხების მართობული) და \vec{F}_1 ხახუნის ძალა (იგივე მხების პარალელური). შესაბამისად, A_2 წერტილში მოქმედებს ორი ძალა: \vec{N}_2 (A_2 წერტილში გავლებული ლინზის პროფილის მხების მართობული) და \vec{F}_2 ხახუნის ძალა. \vec{N}_1 და \vec{N}_2 ძალების ტოლქმედს წარმოადგენს \vec{N} ძალა, ხოლო \vec{F}_1 და \vec{F}_2 ძალების ტოლქმედს წარმოადგენს \vec{F} ძალა. იმ შემთხვევაში, თუ \vec{N} ძალის მოდული აღემატება \vec{F} ძალის მოდულს, წარმოიშვება მბრუნებელი მომენტი, რომელიც ლინზას მოატრიალებს ისე, რომ მისი ოპტიკური ღერძი O_2O_2 დაემთხვევა ჩარხის შპინდელის ბრუნვის O_1O_1 ღერძს. ამის შემდეგ ხდება სახეხი ინსტრუმენტის 5 მიწოდება და ლინზის დიამეტრის დამუშავება, ანუ ცენტრირება.



1 – ლინზა, 2, 3 – თვითმაცენტრებელი ვაზნები, 4 – ზამბარა, 5 – სახეხი ინსტრუმენტი

ცენტრირების ამ მეთოდის გამოყენება შეზღუდულია ლინზის ზედაპირების სიმრუდის რადიუსებით R_1 და R_2 . კერძოდ, დიდი რადიუსების შემთხვევაში ეს მეთოდი აღარ გამოიყენება, რადგან ამ დროს მნიშვნელოვნად მცირდება ცენტრირების სიზუსტე. იმისთვის, რომ ლინზების ცენტრირებისთვის შესაძლებელი იყოს მექანიკური მეთოდის გამოყენება, ლინზის დიამეტრი უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ პირობას [1]:

$$D > \frac{0,4R_1R_2}{R_1+R_2},$$

რის შესრულებაც სიმრუდის დიდი რადიუსების დროს, ცხადია, შეუძლებელია. პრაქტიკულად, თვითცენტრირების პროცესი ყველაზე ეფექტურად ხორციელდება ლინზებისთვის, რომელთა დიამეტრია 3 მმ-დან 150 მმ-მდე.

ლინზების ცენტრირების მექანიკური მეთოდის გამოყენებისას მნიშვნელოვან პარამეტრს წარმოადგენს ე.წ. ჩაჭერის კუთხე φ (იხ. ნახ. 1). ცხადია, რომ

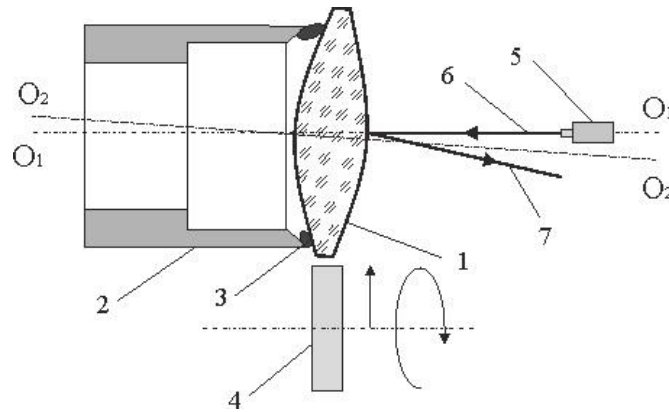
$$\varphi = \varphi_1 \pm \varphi_2 = \arcsin \frac{d_1}{2R_1} \pm \arcsin \frac{d_2}{2R_2},$$

სადაც d_1 და d_2 თვითმაცენტრირებელი ვაზნების დიამეტრებია. ზედა ფორმულაში ნიშანი „+“ გამოიყენება ორმხრივამოზნეკილი ან ორმხრივჩაზნეკილი ლინზების შემთხვევაში, ხოლო ნიშანი „-“ ჩაზნეკილ-ამოზნეკილი ლინზების, ე.წ. მენისკების შემთხვევაში. ემპირიულად დადგენილია, რომ მენისკების თვითცენტრირების მინიმალური ჩაჭერის კუთხეა 23° , ხოლო დანარჩენი ლინზებისთვის – 17° .

აღნიშნული მეთოდის ნაკლს წარმოადგენს ის, რომ მისი გამოყენება შეუძლებელია დიდი სიმრუდის რადიუსის მქონე ლინზების ცენტრირებისთვის, ხოლო თვითონ ცენტრირების პროცესი საკმაოდ შრომატევადია და ძნელია მისი გამოყენება ლინზების მასობრივი წარმოებისას.

ავტოკოლიმაციური მეთოდით ლინზების ცენტრირებისას (ნახ. 2) დასამუშავებელი ლინზა 1 ხელით ყენდება ვაზნაში 2. ცხადია, ლინზის ის ზედაპირი, რომელიც ებჯინება ვაზნას, შეიძლება ჩავთვალოთ ცენტრირებულად შპინდელის ბრუნვის ღერძის O_1O_1 მიმართ. ლინზის მეორე ზედაპირის ცენტრირებას ვამოწმებთ ავტოკოლიმაციური სხივის საშუალებით. ავტოკოლიმატორი 5 დაყენებულია შპინდელის ბრუნვის ღერძის O_1O_1 გასწვრივ. მისგან გამოსული სხივი 6 ეცემა ლინზის გარე ზედაპირს. იმ შემთხვევაში, თუ ლინზის ზედაპირიდან არეკლილი

სხივი 7 არ დაემთხვევა დაცემულ სხივს, შეიძლება დავასკვნათ, რომ ლინზის ოპტიკური ღერძი O_2O_2 არ ემთხვევა ჩარხის ბრუნვის ღერძს O_1O_1 . ლინზის მდებარეობის კორექცია მიმდინარეობს ხელით იქამდე, ვიდრე დაცემული და არეკლილი სხივები ერთმანეთს არ დაემთხვევა. ამის შემდეგ ხდება მოცემულ პოზიციაში ლინზის ფიქსირება ვაზნაზე წებოს 3 საშუალებით და სახეხი ინსტრუმენტის 4 მიწოდებით ხორციელდება ლინზის დიამეტრის დამუშავება, ანუ ცენტრირება.



ნახაზი 2

1 - ლინზა, 2 - ვაზნა, 3 - წებო, 4 - სახეხი ინსტრუმენტი, 5 - ავტოკოლიმატორი, 6 - დაცემული სხივი, 7 - არეკლილი სხივი

ლინზის ცენტრირების მესამე მეთოდის გამოყენება დაკავშირებულია კონკრეტული მაცენტრირებელი ხელსაწყოთა გამოყენებასთან. ამ ხელსაწყოთა აღწერა და მუშაობის პრინციპი დაწვრილებითაა აღწერილი სპეციალურ ლიტერატურაში.

ინსტიტუტში „ოპტიკა“ ლინზების დამზადებისას, ძირითადად, ვიყენებთ ლინზების ცენტრირების მექანიკურ მეთოდს, რაც კარგ შედეგს იძლევა პოლიმერული ასფერული ლინზების დამზადების ტექნოლოგიურ პროცესში.

ლიტერატურა:

1. Справочник технолога-оптика. Под. Ред. М. А. Окатова, 2004;

SUMMARY

ANALYSIS OF THE METHODS OF LENS CENTERING

Ivanidze I.D., Kordzakhia I.I., Dekanozishvili G.G. and Avaliani I.M.

LEPL Institute “Optica”

The paper deals with mechanical and autocollimator methods of lens centering. LEPL Institute OPTICA mainly uses mechanical centering method during lens manufacture. Therefore, this paper focuses on identifying the main limitations of this method, in particular, on the definition of allowable values of diameters and radiuses of curvature.

Keywords: lens, centering, mechanical method.

О ПАЛЕОГЕОГРАФИИ АКВАТОРИИ ОЛИГОЦЕН – РАННЕМИОЦЕНОВОГО ПАЛЕО-ЧЕРНОГО МОРЯ

Государственный университет Акакия Церетели, Кутаиси

Махарадзе А.И.

Вопрос палеогеографии акватории олигоцен-раннемиоценового времени Палео-Черного, так называемого Майкопского, моря территории Грузии является частью общей проблемы геологической истории Черноморского бассейна, по которой нет единого мнения.

Черное море олигоцен-раннемиоценового времени является трудно изучаемым регионом, так как для наблюдения доступны только лишь отложения краевых частей бассейна. Образования, отдаленные от этих зон, не выступают на поверхности и недоступны для исследования.

На существующих палеогеографических схемах акватории Майкопского моря, в её центральной части вырисовывается суша, или сведений вообще не приводится и остается белым пятном.

Проведенные нами детальные литологические исследования показали, что область Черного моря и Колхидская низменность в олигоцен-раннемиоценовое время были покрыты морем. В олигоцен-раннемиоценовых отложениях Абхазии и Мегрелии с юга, Гурии с запада и севера принос терригенного материала не фиксируется. Укрупнение терригенного материала в некоторых южных районах Абхазии и Мегрелии связано с островами и подводными поднятиями и является продуктом их денудации. Об отсутствии суши в области Черного моря говорят также закономерности изменения мощностей на противоположных склонах островов и подводных поднятий. Асимметрия мощностей осадков хорошо выражена на бортах брахиантиклинелей Цаиши, Эки и Урта, которые окамляют Мегрельскую депрессию с юга. На северных склонах этих брахиантиклинелей, обращенных к питающему субстрату, мощность осадков значительно больше и более крупнозернистой структуры, чем на противоположных южных склонах. Данная картина асимметрии мощностей наблюдается не только для олигоцен-раннемиоценовых, но и позднеэоценовых и пострanneмиоценовых отложений.

Существование отдельных островов и подводных поднятий не исключено также в Колхидском море. Колхидская низменность имеет мозаичное тектоническое строение с вертикальными дифференциальными движениями отдельных блоков, которое происходило как в олигоценное, так и до- и послеолигоценное время. Вертикальная амплитуда перемещения отдельных блоков до 150 м. При этом некоторые приподнятые блоки глубоко эродированы и на них отложения олигоцена-раннемиоцена отсутствуют. Например, на западном крыле Варцихского сброса, который ограничивает Квирильскую депрессию с запада, на отложения верхнего мела-среднеэоцена залегают отложения меотиса, а на восточном крыле, в Квирильской депрессии, пробурены отложения от верхнего эоцена до конца верхнего миоцена включительно. Таким образом, на Колхидской низменности не исключено существование опущенных блоков, которые по строению не отличаются от Квирильской депрессии и являются перспективными на марганец. Олигоцен-раннемиоценовое море Квирильской депрессии было шельфовое и мелководное.

В проблеме гидрохимии Майкопского моря выделяется два кардинальных вопроса – о солености и сероводородном заражении.

На основании флоры и фауны устанавливается многократное изменение солености олигоцен-раннемиоценового моря Кавказа. А.Г. Лалиевым (1964) на основании флоры и фауны установлено восьмикратное изменение солености олигоцен-раннемиоценового моря. А.Г. Лалиев опреснение считает результатом прекращения связи моря с океаном из-за регрессии, а повышение солености возобновлением связи с океаном в результате трансгрессии. По его мнению прекращения и возобновления связи моря с океаном были обусловлены тектоническими движениями. Как показывают наши наблюдения, изменения солености олигоцен-раннемиоценового Черного моря не совпадают с периодами тектонических движений.

Олигоцен-раннемиоценовое время охватывает один полный цикл оседконакопления (макроцикл) от начала трансгрессии раннего олигоцена, до конца регрессии раннего миоцена (период между пиренейской и штирийской фазамы, альпийской складчатости). В данном макроцикле выделяются два мезоцикла – от начала до конца раннего олигоцена и от среднего олигоцена до конца раннего миоцена. На брахиантиклинах, подводных поднятиях и в прибрежных зонах фиксируются следы слабых вертикальных движений эпейрогенического характера, которые вряд ли могли влиять на связи Черного моря с океаном. Таким образом, изменения солености олигоцен-раннемиоценового Черного моря не совпадают с тектоническими движениями и эти изменения нельзя объяснить связью Палео-Черного моря с океаном.

В течение олигоцена-раннего миоцена Майкопское море Грузии имело постоянную связь с океаном и, следовательно, оно должно обладать нормальной океанической соленостью. Отдельные периоды опреснения в геологической истории майкопского моря являются локальными и оно было обусловлено интенсивным притоком речных вод. Сильно изрезанная береговая линия, многочисленные заливы, выступы суши, острова, подводные поднятия обособляли отдельные участки с различными гидрохимическими режимами. Отмеченные формы рельефа препятствовали свободному распространению речных вод по всему бассейну и их смешиванию с морской водой. Застойные условия бассейна препятствовали возникновению вертикальных циркуляций и происходило расслаивание вод бассейна по солености. Пресные воды занимали верхние слои водоема, где была развита пресноводная фауна. При общих колебательных движениях это равновесие нарушалось – образовывались конвекционные потоки, происходило смешивание пресных и соленых вод, смена солености и биоценоза. Пресноводная фауна мигрировала в местах слияния рек, где сохранились пресноводные условия. При последующем опреснении фауна от этих районов распространялась по всему бассейну.

Второй гидрохимической проблемой Черного моря является сероводородное заражение вод бассейна. Сероводородное заражение, проявившееся со среднего олигоцена более 30 миллион лет назад, продолжается до настоящего времени.

Специфическими образованиями зараженного сероводородом Майкопского моря являются так называемые майкопские глины, являющиеся нефте- и газопроизводящими породами месторождений Кавказа.

Об источнике сероводорода нет единого мнения. Допускаются как биогенное образование в результате разложения органического вещества в анаэробных условиях, так и вулканогенное – принос газами и гидротермами.

Накопление сероводорода происходит как в глубоком, так и в мелководном бассейнах при специфической обстановке (застойные условия осадконакопления с анаэробным режимом;

незначительный принос терригенного материала и то в тонкодисперсном виде; обилие органического вещества).

Таким образом, территория современного Черного моря еще с олигоцена была покрыта морем, в котором формировались нефте- и газообразующие породы, что делает эту территорию перспективной на подводные месторождения нефти и газа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лалиев А.Г. Майкопская серия Грузии. –М,Недра,1964.

SUMMARY

ON THE PALEOGEOGRAPHY OF THE AQUATORY OF THE OLIGOCENE-EARLY MIOCENE PALEO-BLACK SEA

Makharadze A.I.

Akaki Tsereteli State University, Kutaisi

The modern territory of the Black Sea was covered with water as far back as in Oligocene. Sedimentation of oil- and gas-forming strata took place in this sea. Hence the modern aquatory of the Black Sea could be promising in respect to underwater oil and gas fields.

Keywords: paleogeography, the Black Sea, oil and gas fields.

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF Fe-DOPED CARBON NANOBELTS

Kutelia E.R., Rukhadze L.N., Jalabadze N.V., Dzigrashvili T.A., Gventsadze D.I.,
Tsurtsunia O.O. and Kukava T.G.

Republic Center for Structure Research, Georgian Technical University

Abstract. One-dimensional (1D) nanostructures such as Fe-doped carbon nanobelts were synthesized by a novel technology combining the pyrolysis of ethanol vapor and metal catalyst-assisted thermal chemical transport of the pyrolysis products in a horizontal continuous reactor, operating in the mode of recirculation of basic reagents. The scanning electron microscopic (SEM) and energy-dispersed X-ray spectrometric (EDX) studies on the products synthesized on the ground surfaces of iron plates at the pyrolysis temperature 1200°C and the temperature of the substrate 750°C showed that the obtained product is a mixture of two different fractions. The major fraction (~70%) is composed of carbon nanobelts (CNB) of almost uniform width ~300÷2000 nm and thickness ~60÷100 nm, and the length that ranges from several tens of microns to the order of millimeters. Another fraction (~30%) represents an agglomeration of core-shell-type Fe-doped spherical carbon nanoparticles (CNP) ~100÷200 nm in diameter. The EDX analysis showed that both fractions of the synthesized products were composed only of C, O and Fe. However, the ratios of these elements in the characteristic morphological particles of the fractions are considerably different.

Keywords: carbon nanobelts, synthesis, CNP, SEM, EDX, nanoforms.

Introduction. Radushkevich and Lukianovich were the first to discover a new one-dimensional nanoform of carbon in the products of carbon oxide thermal decomposition on an iron catalyst in 1952 [1]. The TEM study conducted by the authors showed that all the morphological features of the discovered, new carbon structure corresponded to those of currently well-known carbon nanotubes (CNT). However, the authors of this pioneering work did not name the discovered and described 1D carbon nanoparticles “CNTs”. This type of the carbon nanoform, called CNT, became well-known just 40 years later when S. Iijima rediscovered it [2]. Later, the spherical, planar, and fibrous carbon nanoforms, so-called 3-, 2- and 1-dimensional nanostructures have been intensively studied for the last two decades owing to their unique physical-mechanical properties and great potential of technologies for modifying their properties by doping them with various atoms and clusters [3-8]. The recent development of nanotechnology for production of carbon nanoforms and their nanocompositions has come up to new frontiers by creating new functional nanomaterials and structures for the range of their prospective application fields covering almost each area of human activities [9-11]. Extensive interest in the production and processing of carbon nanoforms, and in their properties, reflected in the publications for the last five years [10, 11], is caused by the following two major circumstances: first, the new technological possibilities for production of carbon nanoforms doped, coated or decorated with catalyst materials, to design new nanostructured micro/nano-porous functional materials using the advanced powder metallurgical technology, so-called spark plasma sintering [3]; and the second, the promising applications of the above carbon-based new materials in the fields of gas capture/storage [12-14] and the advancement of high-performance energy conservation/storage systems [11]. Based on the existing literature, it is clearly evident that the catalyst-doped/decorated/coated carbon nanoform particles and the nanostructured porous functional materials based on them (micro/nano filters, membranes, “carbon papers” etc.) are considered to be ideal for many practical applications. That is why the development of the effective methods of production of bulk quantities of separate fractions of carbon nanoforms and their doped nanocompositions in the form of powder is necessary and requires systematic studies. Hence the development of technologies for production of functional materials and components using a new solid-state design is critical for the development of the next-generation structural materials. In our previous works [5-7, 15] the possibility of the synthesis of core-shell-structure carbon nanoparticles doped with ferromagnetic atoms (and clusters), CNPs and carbon nanotubes (CNTs) by using a novel technology that combines the pyrolysis of ethanol vapors and chemical vapor deposition (CVD) on the ferromagnetic metal plate substrates was demonstrated for the first time. In relation with the above-noted, the objectives of the this research were to develop a simple technology of production of the synthesized Fe-doped carbon nanopowders composed of nanobelt (CNB)-shaped particles, and to provide their morphological and compositional characterization using SEM and EDX techniques, respectively.

Experimental. The determination of relevant technological parameters for the synthesis of the Fe-doped carbon nanopowder composed of nanobelt-shaped particles, and for production of its sufficient quantity for characterization, the laboratory setup, described in our previous works, was used [5,6]. The synthesis was conducted using a novel technology combining the pyrolysis of ethanol vapor and metal catalyst-assisted thermal chemical transport of the pyrolysis products in the horizontal continuous close-loop reactor, operating in the mode of recirculation under constant flow of basic reagents. The products were synthesized on the fine-ground surfaces of an iron-plate-substrate at the pyrolysis temperature 1200°C and the temperature of the substrate 750°C. The samples for SEM-EDX analyses were taken from the synthesized nanopowders obtained in a free poured state after shaking off the surfaces of the iron-plate-catalyst substrates. The fractional composition, morphology, sizes and chemical composition of nanoparticles of the synthesized products were studied by the SEM JSM6510LV (JEOL, Japan) with the EDX analyzer.

Results and Discussion. In our experiments, the gas product of ethanol vapor pyrolysis produced in the high-temperature (1200°C) zone for its further deposition on the surfaces of Fe-plate substrates arranged in chain was transported in the downstream direction in different temperature zones ranging from 1200°C to 500°C, which resulted in the formation of specific carbon nanostructures in the specific temperature zones. Then, by SEM analyses of the synthesized products, taken from different substrates in different temperature zones, the location of the temperature zone in the horizontal tubular reactor (distance from the source of the pyrolysis product and the width of the zone), where the synthesis of the nanopowder composed of carbon nanobelts took place, was determined on the surface of the catalyst – iron-plate-substrate. Figure 1 shows typical SEM images of the fractional composition of carbon nanopowder synthesized at the temperature of ethanol vapor pyrolysis 1200°C, and the temperature of iron-plate catalyst substrate 750°C (a), and a magnified image of area A (b) selected in (a). It is obvious that the obtained product is a mixture of two different fractions, the major one (70%) of which is composed of carbon nanobelts (CNB) of almost uniform ribbon-shaped particles (Fig.1.a), and the another one (~30%) represents an agglomeration of core-shell-type Fe-doped spherical nanoparticles (CNP) ~100÷200 nm in diameter (Fig.1.b). The possibility of the synthesis of similar spherical CNPs doped with Fe and other ferromagnetic atom clusters over a wide temperature range, their magnetic properties and the mechanism of their formation on the metallic plate-substrate were studied in our previous works [5-8, 15]. The SEM study on the products synthesized on the substrates located in different zones of the reactor showed that the synthesis of carbon nanobelts occurred in the narrow temperature range near 750°C as opposed to carbon nanoparticles (CNPs) and nanotubes (CNTs) the synthesis of which is possible as at higher, so at much lower temperature than 750°C [6, 7]. In Fig.2 is shown a typical SEM image of the product, synthesized at 750°C on the surface of the iron-plate-substrate, exhibiting a high volume percentage of nanobelts (a), and the magnified image (b) displaying the width-to-thickness ratio of the rectangular cross-section of the ribbon-shaped carbon nanobelts.

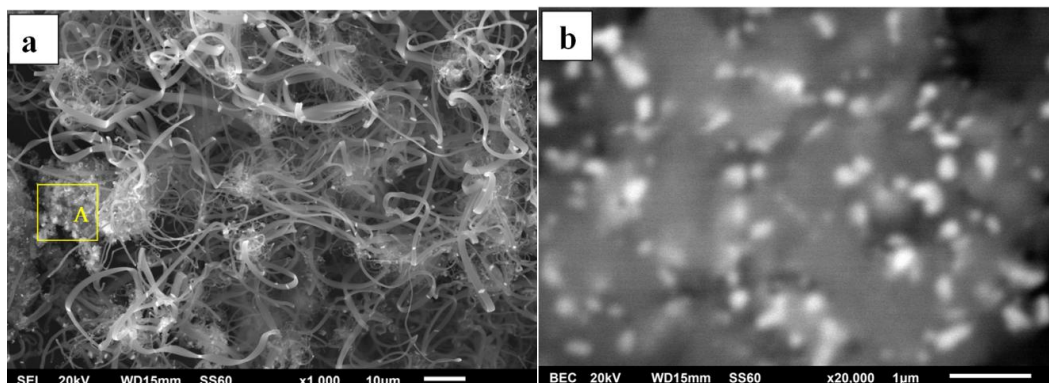


Fig. 1. Typical SEM images of the Fe-doped carbon nanopowder synthesized at the temperature of ethanol pyrolysis 1200°C and the temperature of the iron-plate-substrate 750°C (a), and the magnified image of area A (b) selected in (a).

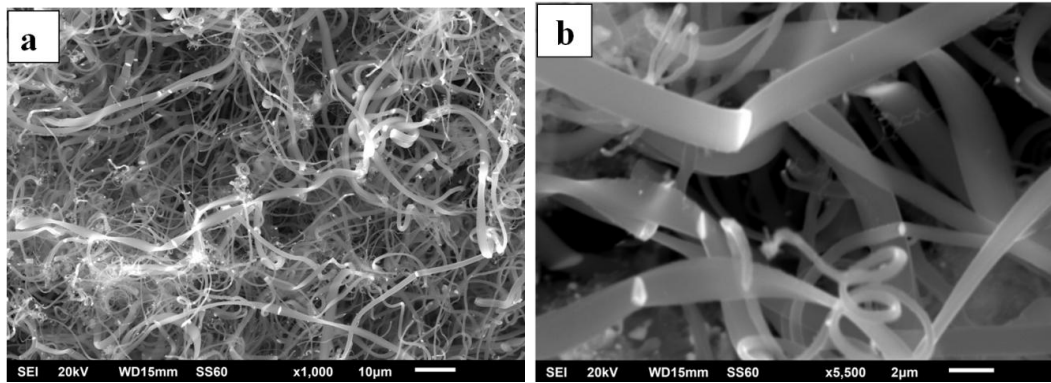


Fig.2. Typical SEM image of the fraction of synthesized carbon nanobelts showing a high volume percentage of nanobelts (a), and the magnified image of Fe-doped carbon nanobelts displaying the width-to-thickness ratio of the rectangular cross-section of the ribbon-shaped belts (b).

The direct measurements of the width and length of each carbon nanobelt, projected on the SEM images, showed that they represent the ribbon-shaped particles with the almost uniform width $\sim 300\div 2000$ nm and the length that ranges from several tens of microns to the order of millimeters. As to the thicknesses of the observed ribbon-shaped nanobelts, their evaluation is possible, because the belts oriented with the habit planes perpendicular to the initial electron beam in the microscope are transmittable by the electron beam of the SEM, accelerated with the energy of 20 KeV, and hence it is possible to reveal the contours of the belts located one under another and oriented in different intersecting directions (Fig.1.a and Fig.2.a, b). Thus, it can be concluded that the thickness of the majority of carbon nanobelts is less than ~ 100 nm. Direct measurements of some properly oriented SEM images of nanobelts show that their thicknesses vary in the range $\sim 60\div 100$ nm. In addition to the above-described morphological and dimensional peculiarities, it should also be noted that each examined carbon nanobelt is free from defects and their surfaces (growth habit planes) are atomically flat, even without atomic steps. Figure 3.a, b depicts the EDX spectra of the carbon nanobelts fraction synthesized at 750°C on the iron-plate-substrate (b) and the same of carbon nanoparticles fraction (a), where only characteristic peaks of carbon, iron and oxygen are present. These spectra confirm that both fractions of the synthesized product are composed of only C, O and Fe. However, the ratios of these elements in the characteristic morphological particles (CNP and CNB) of the investigated two fractions are considerably different. Particularly, the average composition of nanobelts is 86% C, 4% Fe, 10% O, while for the core-shell-type spherical nanoparticles it amounts to 74% C, 20% Fe, 6% O.

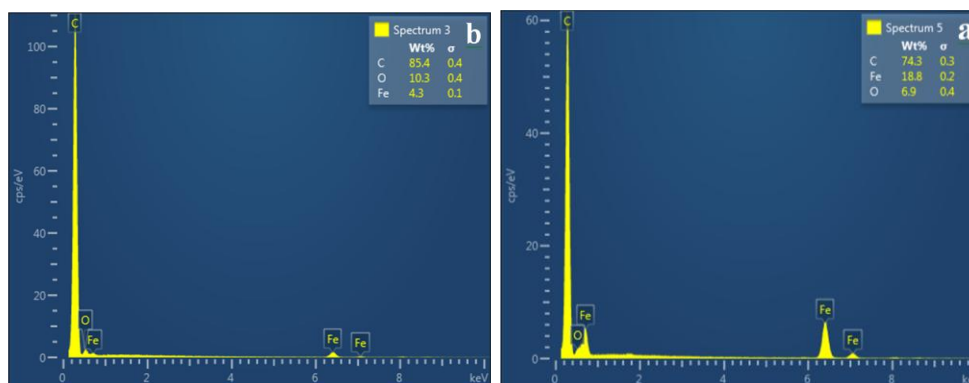


Fig.3. The EDX spectra of the fraction of spherical Fe-doped carbon nanoparticles (CNP) (a), and the major fraction of Fe-doped carbon nanobelts (CNB) (b).

The observed peculiarities of morphology, dimensions and location of the dopant in the spherical CNPs and in the ribbon-shaped CNBs lead to the assumption that the synthesis of carbon nanopowders on the surface of the iron-plate-substrate at 750°C starts with the formation of the core-shell-type Fe-doped CNPs by the mechanism similar to the vapor-liquid-solid (VLS) process, we described in [15]. Therefore, the synthesis continues through the nucleation and fast growth of carbon nanobelts in the length (1D) on the spherical Fe-doped nanoparticles and their agglomerates via vapor-solid (VS) process. Some details of the VS process, for example, how the dopant atoms or clusters can

be assembled into/on the 1D carbon nanoforms with ribbon-like morphology is still not fully understood, and more special model experimental studies are required.

Conclusion. The Fe-doped carbon nanobelts were synthesized by a novel technology combining the pyrolysis of ethanol vapor and metal catalyst-assisted thermal chemical transport of the pyrolysis products in the horizontal continuous reactor, operating in the mode of recirculation of basic reagents. The fractional composition, morphology, sizes and elemental composition of nanoparticles in the products synthesized on the surfaces of iron plates at the temperatures of pyrolysis 1200°C and the temperature of the substrate 750°C were studied by SEM and EDX methods. The obtained product is a mixture of two different fractions, the major one (~70%) of which is composed of carbon nanobelts of almost uniform width ~300÷2000 nm and thickness ~60÷100 nm, and the length that ranges from several tens of microns to the order of millimeters. The another fraction (~30%) represents an agglomeration of the core-shell-type Fe-doped spherical carbon nanoparticles ~100÷200 nm in diameter. The synthesized characteristic particles are composed of only C, O and Fe with the following average percentages: in nanobelts - 86% C, 4% Fe, 10% O, and in nanoparticles - 74% C, 20% Fe, 6% O.

Acknowledgements. This work was supported in Georgia by the SR NSF, Georgia (Grant N04/06 2016) and in Ukraine by the STCU, Ukraine (Grant N6210).

REFERENCES

1. Radushkevich L.V., Lukianovich V.M. On carbon structure formed at thermal decomposition of carbon oxide on the iron substrate.// Zhurnal Fizicheskoi Khimii (Journal of Physical Chemistry), 1952, v. XXVI, issue 1, pp. 88-95 (In Russian).
2. Iijima S. Helical microtubules of graphitic carbon.// Nature, 1991, v.354, pp.56-58.
3. Nanotechnology Research Developments, Editor R. Jimenez-Contreras. – Nova Science Publishers, Inc., New York, 2007, p. 416.
4. Nanotechnology Research Advances, Editor Vernon R. King. - Nova Science Publishers, Inc., New York, 2007, p.187.
5. Rukhadze L.N., Kutelia E.R., Maisuradze N.I., Eristavi B.G., Bakhtiyarov S.I. Preparation and characterization of carbon nanoparticles doped with magnetic clusters. // Georgian Engineering News, 2009, N4, pp. 56-59.
6. Rukhadze L.N., Kutelia E.R., Maisuradze N.I., Eristavi B.G., Bakhtiyarov S.I. Magnetic Carbon Nanopowders. // International Journal of manufacturing Science and Technology, 2010, v.4, N2, pp.75-80.
7. Kutelia E., Rukhadze L., Maisuradze N. et al. Investigation of morphology and magnetic properties of carbon powder nanoparticles doped with iron and cobalt atoms.//Georgian Engineering News, 2010, N3, pp. 75-82.
8. Kutelia E.R., Rukhadze L.N., Maisuradze N.I., Kukava T.G., Tsurtsunia O.O., Eristavi B.G., Dzigrashvili T.A., Kukhalashvili G.V., Podgurskas J.A. Investigation of magnetic carbon nanopowder doped with iron atom clusters. // Georgian Engineering News, 2011, N2, pp.84-87.
9. Advanced Materials Research Trends, Editor Levan V. Basbanes. – Nova Sci. Publ., Inc., New York, 2007, p.337.
10. Nanomaterials: Properties, Preparation and Processes, Editors Vinicius Cabral and Renan Silva. – Nova Science Publishers, Inc., New York, 2010, p.412.
11. Carbon Nanomaterials for Advanced Energy Systems: Advances in Materials Synthesis and Device Applications. Editors Wen Lu, Jong-Beom Beak and Liming Dai. – John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, 2015, p.448.
12. Nugent P., Belmabkhout Y., Burd S.D., et al. Porous materials with optimal adsorption thermodynamics and kinetics for CO₂ separation. // Nature, 2013, v. 495, pp. 80-84.
13. Seema H., Kemp K.C., Le N.H. et al. Highly selective CO₂ capture by S-doped microporous carbon materials. //Carbon, 2014, v.66, pp. 320-326.
14. Nwogu N.C., Grobina E. Advanced Membrane Design for Improved Carbon Dioxide Capture. // Materials Conference & Showcase Cleantech 2013, May 12-16, 2013, Washington, DC, USA.
15. Kutelia E.R., Rukhadze L.N., Maisuradze N.I. et al. The mechanism of core-shell type magnetic CNPs formation on the surface of ferromagnetic metal plate-substrates.//Georgian Engineering News, 2013, N2, pp. 114-117.

РЕЗЮМЕ

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОЛЕНТ, ДОПИРОВАННЫХ ЖЕЛЕЗОМ

Кутелия Э.Р., Рухадзе Л.Н., Джалабадзе Н.В., Дзиграшвили Т.А., Гвенцадзе Д.И., Цурцумия О.О., Кукава Т.Г.

Республиканский центр структурных исследований, Грузинский технический университет

Изучение углеродных нанолент, синтезированных на шлифованной поверхности железа при температуре пиролиза 1200°C и температуре подложки 750°C методами растровой электронной микроскопии и энергодисперсионного рентгеновского анализа показало, что полученная смесь состоит из двух различных фракций. Большая из них (~70%), состоит из углеродных нанолент (CNB) почти одинаковой ширины ~300-2000 нм и толщины ~60-100 нм, и длиной от десятков микронов до десятков миллиметров. Вторая фракция представляет собой агломерацию сферических углеродных наночастиц (CNP) типа ядро-оболочка. Диаметр ~100-200 нм, допированных железом. Энергодисперсионный рентгеновский анализ показал, что обе фракции синтезированного продукта состоят только из C, O и Fe. Однако, соотношения этих элементов в характерных морфологических частицах фракций значительно отличаются друг от друга.

Ключевые слова: углеродные наноленты, синтез, углеродные наночастицы, SEM, EDX, наноформы.

POLYMERIC COMPOSITIONS OBTAINED ON THE BASE OF BISPHENOL-FORMALDEHYDE OLIGOMERS

Papava G.Sh., Gurgenishvili M.B., Dokhturashvili N.S., Chitrekishvili I.A.,
Gavashelidze E.Sh., Gelashvili N.S. and Chubinishvili Z.N.

P. Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry, Iv. Javakhishvili Tbilisi State University

Abstract. Thermal neutron absorbing composites were obtained on the base of resol-type thermoreactive oligomers based on cardo-polycyclic bisphenols. In polymeric composites, modified diatomite and boron carbide were used as fillers. It is shown that, in polymeric composites, diatomite is not a neutral component. It contains active functional silanol groups that form chemical bonds interacting with resol oligomers, which determines high physical-chemical properties of the composites. The oligomer as well as diatomite and boron carbide are chemically and radiation resistant materials. The composites obtained on their base are characterized by high physical-mechanical and thermophysical properties.

Keywords: polymeric composites, phenol, bisphenol, formaldehyde, oligomer.

Polymers and polymer-based composites are widely used in various fields of science and technology, including nuclear engineering [1, 2]. In the literature there are papers on the application of the compositions of this type in specific areas such as thermal neutron absorption [3-5]. In particular, they could be used for biological shielding which is an integral part of neutron radiation sources and devices.

There is no universal material of this type that is suitable for any operation conditions. The material is selected to meet concrete technical requirements. Hence it is important to expand the range of this type of materials.

To this end, we obtained polymeric compositions based on the resol-type bisphenol formaldehyde matrix oligomer. Thermally modified natural diatomite and boron carbide were used as fillers. Thermally modified diatomite is of interest, because it contains active amorphous silica and is a light porous cheap material. The compositions of this type can be used in various environmental conditions for shielding the thermal neutron radiation of different power and intensity.

It is well known that such shielding means must meet certain requirements: required mechanical strength, certain neutron absorption ability, and high radiation, chemical and heat resistance. These parameters must also be stable under operation conditions.

The polymeric composition matrix, resol-type thermoreactive oligomer, is quite chemical and radiation resistant [5, 6]. Diatomite used for improvement of the mechanical and thermophysical properties of the polymeric composition has the same properties that exceed those of the matrix. At the same time, boron carbide used for controlling the neutron absorption ability of the composition is a well-known reactive material [7, 8]. We used diatomite from the Kisatibi Deposit (Georgia) and 50 μm dispersed boron carbide (B_4C) as initial materials. The process of thermal modification of diatomite was studied by using a vacuum electric device. The composition of diatomite was determined by a chemical method. Both cylindrical and prism-shaped samples obtained by compression consolidation of the composition were used. Testing of the samples for thermal neutron absorption ability and long-term exposure of the samples to thermal neutrons was carried out by using a device for neutron activation analysis with the thermal neutron flux ($E_n=0.025$ eV) of maximum density ($N_0=2.5 \cdot 10^6$ n/cm²s). The measurement accuracy made up 10-16%. The higher was the absorption coefficient, the higher was the measurement accuracy. The mechanical strength of the samples was determined. Based on the obtained results, the optimal conditions of thermal modification of diatomite, its composition and properties were determined. The technology of production of polymeric compositions was developed. Some physical-mechanical and radiation properties of the compositions obtained by heat treatment were studied in a wide concentration range of their components. The investigation results are presented below.

Natural diatomite contains 3.5-8.0% bound water. Dehydration was performed by heating in the air at 150°C for 1.5 hour. The thermal modification of diatomite was studied at 450°C.

In Table 1 is given the composition of diatomite in the oxide form under optimal conditions ($t - 450\text{ }^{\circ}\text{C}$; $\tau - 4\text{ h}$).

Table 1. Chemical composition of thermally modified diatomite in the oxide form (wt.%) *

No.	Component	Wt.%
1	SiO ₂	92.03
2	Al ₂ O ₃	4.05
3	CaO	1.27
4	Fe ₂ O ₃	1.05
5	MgO	0.12
6	R ₂ O	0.18
7	Heating loss	1.3

*R=K, Na, etc.

The chemical composition of diatomite changes during the process of thermal modification. During this process, burning of organic impurities occurs, and porosity increases from 75% to 85%. The volume of micropores varies within the range from 0.7 to 2.4 cm²/g, the effective pore radius is 0.3-1.6 μm. The existence of such fillers in boron carbide-containing composites could be useful for long-term construction operation, as the pores of this kind absorb helium released in the result of the ¹⁰B(n,α)⁷Li reaction, which excludes swelling of the material and hence deterioration of its properties.

In Table 2 the content of initial materials in polymeric compositions is given. By compression consolidation, the samples for subsequent investigations were produced.

Table 2. Content of the initial materials in polymeric compositions, wt.%

	Resol	Thermally modified Diatomite	Boron carbide
1	60	5	35
2	60	10	30
3	50	20	30
4	50	10	40
5	40	20	40
6	40	30	30
7	20	30	50
8	20	20	60

Table 3. Some characteristics of the composites

Characteristic	Composite No.							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Liquidity, mm	160-200	150-195	130-190	140-200	120-190	110-180	90-160	100-170
Resilience, kJ/m ²	10.0	8.5	12.0	10.0	13.0	12.0	7.0	7.5
Flexural strength, MPa	60.0	60.0	90.0	80.0	95.0	95.0	70.0	70.0

As is seen from Table 3, the composites containing 40 wt.% thermoreactive oligomer possess the optimal physical-mechanical properties. Their flexural strength makes up 95 MPa. Therefore, only the composites containing the matrix of this concentration were chosen for subsequent investigations. For comparison, the composites of two compositions are included into Table 3. Both composites contain 40 wt.% resol oligomer. The rest 60 wt.% of one of them made up thermally modified diatomite, of the another – boron carbide. All composites turned out to be heat resistant up to 450^oC. Variations in the concentration of diatomite and boron carbide hardly affected the thermophysical and mechanical properties of the composite.

Table 4. Impact of the composite composition on the thermal neutron absorption ability*

Composition of the composite	Sample thickness, mm	Test duration, min	Order of radiation attenuation
40 wt.%TRO+60 wt.%TMD	6	20	1.05
40 wt.%TRO+30 wt.%TMD+ 30 wt.%B ₄ C	5	20	17
40 wt.%TRO+20 wt.%TMD+ 40 wt.%B ₄ C	5	20	23
40 wt.%TRO+60 wt.%B ₄ C	6	20	39

*TRO – thermoreactive oligomer; TMD – thermally modified diatomite

As is obvious from the data given in Table 3, the composite that does not contain the thermal neutron capturing component hardly attenuates the neutron flux. As the concentration of such a component in the composite increases, the neutron flux density considerably decreases. This index will deteriorate during long-term operation because of burning of boron from the composite, but the rate of deterioration will depend on the neutron source strength.

The impact of long-term exposure to thermal neutrons on the mechanical strength and weight loss of obtained composites was studied under the conditions of the above-mentioned energy and flux density of neutrons. The integral dose was equal to $5.04 \cdot 10^{12} \text{ n/cm}^2$. The measurements showed that the flexural strength did not change and there was slight weight loss. Hence the accumulated amount of thermal neutrons was not sufficient for destruction of the polymeric matrix and changes in filler properties.

REFERENCES

1. Иванов В.С. Радиационная химия полимеров. -Л., Химия, 1988.
2. Сударева Н.А. и др. Использование полимерных материалов в качестве консервантов радиоактивных отходов. Атомная энергия, т.74, вып.2,1993.
3. Козлов В.Ф. Справочник по радиационной безопасности. -М., Энергоиздат,1991.
4. Пат. ДД №300057. Пластмасса для поглощения нейтронов. Кл. G 21 F1/12. 1992.
5. Пат. Япония N3-6587884. Материал для поглощения тепловых нейтронов. Кл. G21 F1/12. 1993
6. Папава Г.Ш. Абнерова С.В. Сергеев В.А. Шитиков В.К. Цискаришвили П.О. Виноградова С.В. Коршак В.В. Грибова И. А. Способ получения термостойкой смолы резольного типа. Авт. Свид. СССР, №454813 (1974)
7. Radiation effects of the glass. Proceedings of the “12th International Conference of Radiation Physics and Chemistry of Inorganic Materials”. Tomsk, Russia, September , 23-27 2003.
8. Краткий справочник инженера-физика. Сост. Федоров Н.Д.М., 1961.

РЕЗЮМЕ

ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИИ ПОЛУЧЕНИЕ НА ОСНОВЕ БИСФЕНОЛ-ФОРМАЛДЕГИДНЫХ ОЛИГОМЕРОВ

Папава Г.Ш., Гургенишвили М.Б., Дохтуришвили Н.С., Читрекашвили И.А., Гавашелидзе Е.Ш., Гелашвили Н.С., Чубинишвили З.Н.

Институт физической и органической химии им. Петре Меликишвили Тбилисского Государственного университета им. Ив. Джавахишвили

На основе терморезактивных резольных олигомеров, синтезированных на основе карбовых полициклических бисфенолов, получены композиты, поглощающие тепловые нейтроны. В полимерных композитах в качестве наполнителя использованы модифицированный диатомит и карбид бора. Показано, что в полимерных композитах диатомит не является нейтральным компонентом. Он содержит активные функциональные силанольные группы, которые при взаимодействии с резольными олигомерами образуют химические связи, что обуславливает высокие физико-механические свойства композитов. Как олигомер, также и диатомит и карбид бора являются радиационно и химически стойкими материалами. Композиты, полученные на их основе, характеризуются высокими физико-механическими и тепло – физическими свойствами.

Ключевые слова: полимерные композиции, фенол, бисфенол, формальдегид, олигомер.

PLASTIC MATERIALS BASED ON NOVOLAC COMPOSITIONS FORMED IN MELT

Molodinashvili Z. P., Khetsuriani N.T., Chkhaidze M.N., Topulia E.N.,
Mchedlishvili I.J. and Shatakishvili T.N.

P. Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry, Iv. Javakhishvili Tbilisi State
University

Abstract. New-type polymeric compositions based on novolac and diatomite in melt were produced. It was revealed that, the higher is the content of diatomite in the composition, the higher is its heat resistance. Both the rate of macromolecule crosslinking and the content of diatomite affect the thermal stability of the composition. The compositions containing 40-60% diatomite are optimal. Phenolplast-type plastic materials were produced. Their properties were studied. It is shown that they possess better physical-mechanical and dielectric properties than similar industrial-grade phenolplasts,

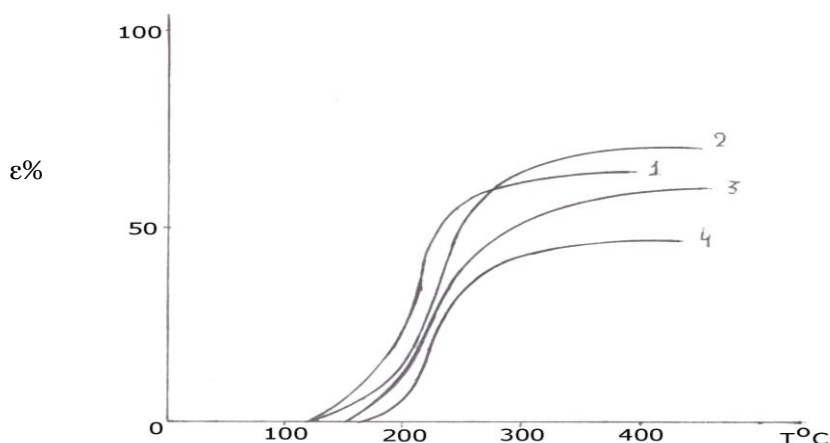
Keywords: polymeric composition, dispersion, consolidation, hardening, novolac, diatomite.

L.H. Baekeland and H. Lebach were the first who, at the beginning of the XX century, technically justified the possibility of industrial production of phenol-formaldehyde oligomes and plastics on their base.

Of heat-resistant polymers having a spatial structure, phenol-formaldehyde polymers play a special role in practical terms. They are widely used in the form of polymeric compositions comprising the components which allow producing the plastic materials with a wide range of properties, decreasing considerably the proportion of a polymer in the polymeric composition, and reducing the cost of polymeric materials.

The use of diatomite as a filler in polymeric compositions is of interest. It is characterized by a high absorbing ability, low thermal and sound conductivity, infusibility, and acid resistance. Georgia possesses large reserves of diatomite: the Kisatibi Deposit located in the Akhaltsikhe Region, Uraveli ravine.

We prepared the polymeric compositions containing different proportions of diatomite from 10 to 80 wt.%. Hardening of the compositions occurred under identical conditions with the same amount of the hardener. An increase in the hardener amount at the strain temperature hardly had any effect, while the introduction of diatomite into the composition increased its heat resistance. The higher was the content of diatomite, the higher was the heat resistance. This can be explained by the fact that the motion of separate fragments of macromolecules and macromolecules in a whole was impeded, which increased the strain heat resistance of the polymer.



Thermogravimetric curves of the polymeric compositions containing the novolac oligomers hardened with hexamethylenetetramine in terms of organic mass: hexamethylenetetramine -15 wt.%. The content of diatomite in the polymeric composition, wt.%: 1 - 0; 2 - 20; 3 - 40; 4 - 60; 5 - 80.

The heat resistance of polymers was studied by thermogravimetric testing with heating in air under dynamic conditions. The change in the temperature was equal to 4.5°C/min. The obtained results are listed in Table 1 and shown in the Figure. As is evident from the presented data, for the polymers hardened (with 15 wt.% hexamethylenetetramine) under identical conditions, the polymer destruction temperature decreased with the increasing content of diatomite in the composition.

Both the rate of macromolecule crosslinking and the content of diatomite affected the thermal stability. With heating of the composition up to 500°C, the amount of coke decreased to 73% with the increasing content of diatomite, and - to 32% when the content of diatomite was 80% (Table 1). Heat destruction of compositions at < 500°C was accompanied by formation of more thermostable diphenyl oxide and phenyl bonds, which resulted in the improvement of the system structure quality.

Table 1. Thermal characteristics of the novolac-type diatomite-containing oligomers hardened with hexamethylenetetramine (15 wt.%)

N	Content of diatomite in the polymeric composition, wt.%	Decrease in the weight				Amount of coke with heating at 500°C, %
		10	20	30	50	
		Temperature, °C				
1	0	380	450	530	630	73,00
2	10	370	440	510	610	64,00
3	20	350	420	490	560	59,00
4	30	330	410	465	540	55,00
5	40	310	400	440	500	49,80
6	50	280	410	435	485	46,00
7	60	270	390	420	460	44,20
8	70	260	370	390	445	40,00
9	80	-	-	310	400	32,78

The spectroscopic analysis of the novolac and 20% diatomite-containing resin was performed. As is seen from the data on the IR spectra, the absorption band characteristic of phenolic hydroxyl was detected in the region of 3300-3600 cm⁻¹, valence oscillations characteristic of the methylene group - in the region of 2970 cm⁻¹ and 2880 cm⁻¹, and the absorption band characteristic of the carboxylic group - in the region of 1600 cm⁻¹. The presence of diatomite in the composition did not influence the hardening mechanism [1-7].

Phenolic (novolac) polymeric compositions containing natural diatomite were produced on the base of novolac oligomers produced by condensation of formaldehyde with phenol in melt. Finely dispersed natural diatomite (particle size – 0.005-0.22 mm) and calcium stearate were used as a filler. The use of pigments was allowable. Different lots of filled polymeric compositions grade A, B, C and D containing 30-80% natural diatomite were prepared. Based on these compositions, disk- and bar-shaped articles were consolidated.

In Table 2 are given the physical-mechanical and dielectric parameters of plastics produced by processing of phenoplast polymeric compositions based on novolac and diatomite.

Table 2. Physical-mechanical and dielectric characteristics of diatomite-containing polymeric compositions based on novolac oligomers

№	Parameter	Standard for phenoplasts			
		Grade			
		A	B	C	D
1	Appearance	Dispersed powder, colored with a wide range of colors			
2	Sieve residue after sieving, %, sieve No.018	-	5,0	5,0	-
3	Water absorption ability, mg, no more than	55	55	40	50
4	Fluidity, mm	120-190	100-170	100-170	120-190
5	Flexural breaking load, kgf/cm ² , no less than	600	707	600	600
6	Dielectric strength, kW/mm, no less than	-	14,0	14,0	16,0
7	Dielectric loss tangent at 50 Hz frequency, no more than	-	-	-	0,06
8	Surface resistivity, Ohm, no less than	-	1.10 ¹³	10.10 ¹³	5.10 ¹⁴
9	Impact viscosity with the sample having no dent, kgf/cm ²	4,5	5,8	5,0	5,5
10	Martens heat resistance, °C, no less than	120	130	130	140
11	Volume resistivity, Ohm, no less than	-	1.10 ¹²	1.10 ¹²	2.10 ¹³

As a result of the investigation, it was revealed that the compositions containing 40-60% diatomite were optimal. In a number of cases, the articles produced based on these polymeric compositions had better indices than those made of similar industrial-grade phenoplasts.

REFERENCES

1. Петров Г.С., Рутковский Б.Н., Лосев И.П. Технология синтетических смол и пластических масс.-М.-Л., Госхимиздат, 1946, сс.52-54.
2. Megson N.J.I. Phenolic Resin Chemistry. -New York, Academic Press, 1958, pp.40-45.
3. Небель Б. Наука об окружающей среде. -М., Мир, Т. 1, 1993, сс. 87-97.
4. А.М. Торопцева, К.В. Белгородская, В.М. Бондаренко. Лабораторный практикум по химии и технологии высокомолекулярных соединений. -Ленинград, Химия, 1972, 218 с.
5. Obtaining of phenol-formaldehyde oligomers and polymeric compositions in alloys, plastic materials on their basis, obtaining and properties. Candidate's Thesis, Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, 2006, pp.74-87.
6. Коршак В.В., Комарова Л.И., Сергеев В.А., Локшин Б.В., Дорошенко Ю.Е..Исследование инфракрасных спектров поглощения полимеров на основе бисфенолов и формальдегида в процессе их отверждения и термодеструкции. Журн.прикл.спект. 1967, т.7, вып.4, ст.611-614
7. Джанелидзе Т.В., Мдивнишвили О.М., Сырьевая база, комплексная переработка и использование диатомитов., Тбилиси, 1981, сер. I. вып. 2, ст. 20-24

РЕЗЮМЕ

ПЛАСТМАССОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ НОВОЛАКОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ В РАСПЛАВЕ

Молодинашвили З.Ф., Хецуриани Н.Т., Чхаидзе М.Н., Топурия Е.Н.,

Мchedlishvili И.Д., Шатакишвили Т.Н.

Институт физической и органической химии им. П. Меликишвили Тбилисского государственного университета им. Ив. Джавахишвили

Получены полимерные композиции нового типа в расплаве на основе новолака и диатомита. Установлено, что, чем выше содержание диатомита в композиции, тем выше ее теплостойкость. На термическую стабильность композиции влияют как частота сшивания макромолекул, так и содержание диатомита в композиции. Оптимальными являются композиции, содержащие 40-60% диатомита. Получены пластмассовые материалы типа фенопласта, изучены их свойства. Показано, что по сравнению с аналогичными фенопластами промышленными, они обладают лучшими физико-механическими и диэлектрическими показателями.

Ключевые слова: полимерная композиция, диспергирование, консолидация, отверждение, новолак, диатомит.

THE EFFECT OF THE HARDENER AND FILLER ON THE PROPERTIES OF NOVOLAC COMPOSITIONS

Molodinashvili Z.P., Khetsuriani N.T., Chkhaidze M.N., Goderdzishvili K.G.,
Mchedlishvili I.J. and Usharauli E.A.

P. Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry, Iv. Javakhishvili Tbilisi State University

Abstract. It was revealed that, at the same degree of crosslinking, the introduction of diatomite into the composition increased its heat resistance. The higher is the content of diatomite in the composition (80%), the higher is its heat resistance. An increase in the amount of the hardener hardly affected the strain temperature.

Keywords: polymeric composition, hardening, hexamethylenetetramine, novolac, diatomite.

Since the beginning of the XX century, of thermoreactive polymers, phenolic resins have acquired special significance and widespread application in almost all fields of the economy due to their unique properties. They were synthesized by the polycondensation reaction. They were obtained by the reaction of phenol with aldehyde, mainly with formaldehyde. Along with phenol, were used cresols, xylenols, polyatomic phenols, alkylphenols, polynuclear compounds, e.g. bisphenols, etc. as phenolic raw materials [1].

Novolac is usually obtained by the reaction of phenol with formaldehyde in aqueous solution, in acid medium. The process is periodical [2, 3].

We obtained novolac in melt by a new continuous method. Being obtained, this novolac can be used immediately. Besides, we avoid removal of water from it, its drying, which is associated with high energy costs and environmental pollution.

The properties of a polymer depend on the origin of groups and atoms it contains, as well as on its spatial structure, polymeric composition, and the origin of the filler. Hence we studied the dependence of the properties of polymeric composition on the oligomer structure and composition components, the dependence on the rate of macromolecule crosslinking, which was controlled by varying both the amounts of the hardener and filler in the polymeric composition. Thus, we obtained the data on the high temperature behavior of the polymer depending on the spatial structure [4, 5].

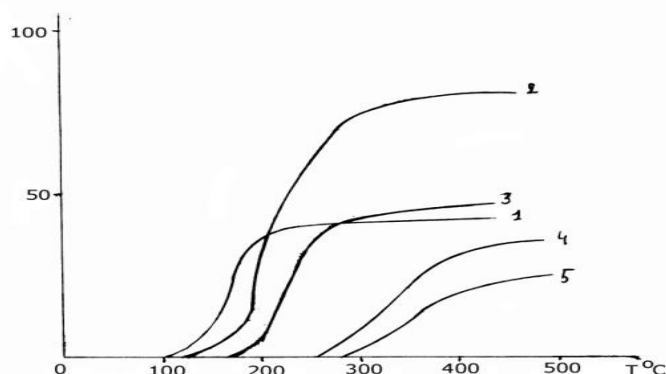
Hardening of the novolac oligomer was performed by using hexamethylenetetramine. The samples under study were prepared as follows: the novolac oligomer was melted at 160-165°C, and, with intensive stirring, a certain amount of the hardener was added. Resitol formed in 10-15 min. At the same time, the polymer lost solubility, but retained liquidity. Resitol-based compositions with different content of unmodified diatomite were produced. Finally, the polymer was transformed into resit by its consolidation at 200°C under pressure 7-8 kg/cm² for 1 hour. The obtained compositions practically did not contain acetone-soluble low-molecular products, which pointed to that the polymer compositions were fully cured. The strain temperature dependence of the hardened compositions was studied by using the Tseitlin device under load of 1.05 kg/cm², the temperature change was equal to 1.5°C/min.

To study the effect of the amount of the filler on the composite structure, we produced the polymeric compositions containing different amounts of unmodified diatomite from 10 to 80 wt.%. Hardening of compositions occurred under identical conditions with the same amount of the hardener. The polymeric compositions differed considerably in heat resistance with the increasing content of diatomite. The investigation results are given in the Table and shown in the Figure below.

Dependence of the polymeric composition strain on the content of diatomite*

Nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Content of diatomite in the composition, wt.%	0	10	20	30	40	50	60	70	80
Strain temperature, °C	155	175	190	200	210	285	310	330	350

*10% deformation according to thermomechanical curves;
amount of hexamethylenetetramine – 15 wt.%



Thermomechanical curves of the polymeric compositions containing novolac hardened with hexamethylenetetramine. The amount of the hardener – 15 wt.%. The content of diatomite in the composition, wt.%: 1 - 0; 2 -20; 3 – 40; 4 – 60; 5 – 80.

When the amount of the hardener was made up to 15 wt.%, the strain temperature was equal to 155, 190, 210, 310 and 350°C, respectively (see Table). The increase in the amount of the hardener hardly affected the strain temperature.

From the obtained results, it is obvious that, with the same degree of polymer crosslinking, the introduction of diatomite into the composition increased its heat resistance. The higher was the content of diatomite in the composition, the higher was its heat resistance.

The dependence of the increase in the heat resistance of hardened compositions with the same amount of the hardener on the content of diatomite can be explained by impeding of the motion of separate fragments of macromolecules and macromolecules in whole, which increased the strain heat resistance of the polymer.

REFERENCES

1. Петров Г.С., Рutowский Б.Н., Лосев И.П. Технология синтетических смол и пластических масс. -М.-Л., Госхимиздат, 1946, сс.52-54.
2. Megson N.J.I. Phenolic Resin Chemistry. -New York, Academic Press, 1958, pp.40-45.
3. Небель Б. Наука об окружающей среде. –М., Мир, Т. 1, 1993, сс. 87-97.
4. А.М. Торопцева, К.В. Белогородская, В.М. Бондаренко. Лабораторный практикум по химии и технологии высокомолекулярных соединений. -Ленинград, Химия, 1972, 218 с.
5. Obtaining of phenol-formaldehyde oligomers and polymeric compositions in alloys, plastic materials on their basis, obtaining and properties. Candidate's Thesis, Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, 2006, pp.74-87.

РЕЗЮМЕ

ВЛИЯНИЕ ОТВЕРДИТЕЛЯ И НАПОЛНИТЕЛЯ НА СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНОЙ КОМПОЗИЦИИ

Молодинашвили З.Ф., Хецуриани Н.Т., Чхаидзе М.Н., Гордедзишвили К.Г., Мchedlishvili И.Д., Ушураули Е.А.

Институт физической и органической химии им. П. Меликишвили Тбилисского государственного университета им. Ив. Джавахишвили

Установлено, что при одинаковой степени сшивания полимера включение диатомита в композицию повышает ее термостойкость. Чем больше содержание диатомита (80%) в композиции, тем выше ее термостойкость. Увеличение количества отвердителя практически не влияет на температуру деформации.

Ключевые слова: полимерная композиция, отверждение, гексаметиленetetрамин, новолак, диатомит.

MATHEMATICAL-CHEMICAL INVESTIGATION OF HALOGENBENZENES

Gverdtsiteli M.I., Lobzhanidze L.V. and Rtskhiladze N.I.

Iv. Javakhishvili Tbilisi State University
 Iv. Beritashvili Experimental Institute of Biomedicine

Abstract. Mathematical-chemical investigation of halogenbenzenes was carried out within the scope of the quasi-ANB-matrices method. Four correlation equations of the “structure-properties” type were derived. Correlations are satisfactory.

Keywords: halogenbenzenes, quasi-ANB-matrix, correlation equation.

Contiguity matrix of molecular graph and its various modifications are widely used in mathematical chemistry for investigation of molecules and their transformations (chemical reactions) and ANB-matrix falls into this type [1-2].

The diagonal elements of the ANB-matrix represent the atomic numbers of the chemical elements, and the nondiagonal elements are the multiplicities of the chemical bonds. For an arbitrary XYV molecule, the ANB-matrix has the form:

$$\begin{vmatrix} Z_X & \Delta_{XY} & \Delta_{XV} \\ \Delta_{XY} & Z_Y & \Delta_{YV} \\ \Delta_{XV} & \Delta_{YV} & Z_V \end{vmatrix} \quad (1)$$

where: Z_X, Z_Y, Z_V are the atomic numbers of the X, Y, V chemical elements, respectively; $\Delta_{XY}, \Delta_{XV}, \Delta_{YV}$ are the multiplicities of the chemical bonds $X \sim Y, X \sim V, Y \sim V$, respectively.

For large molecules, the calculations based on the ANB-matrices are labor-consuming. Hence a modernized form of the ANB-matrix – a quasi-ANB-matrix (\tilde{ANB}) was elaborated. Its diagonal elements are the sums of the atomic numbers of those chemical elements, which the structural fragments of the molecule contain; the nondiagonal ones are the multiplicities of the chemical bonds between those structural fragments.

Halogenbenzenes were investigated within the scope of \tilde{ANB} -matrices method.

A simple model was elaborated:

$$R - X \quad (2)$$

where $R \equiv C_6H_5$; $X \equiv F, Cl, Br, I$.

The corresponding \tilde{ANB} -matrix has the form:

$$\begin{vmatrix} Z_R & 1 \\ 1 & Z_X \end{vmatrix} \quad (3)$$

In the table the data on $\lg(\Delta_{\tilde{ANB}}), T_{\text{melt.}}, d_4^{20}, n_d^{20}$ [3] and A_1 [4] for halogenbenzenes are given.

The values of $\lg(\Delta_{\tilde{ANB}}), T_{\text{melt.}}, d_4^{20}, n_d^{20}, A_1$ for halogenbenzenes

Compound	$\lg(\Delta_{\tilde{ANB}})$	$T_{\text{melt.}} \text{ } ^\circ\text{C}$	d_4^{20}	n_d^{20}	$A_1, \text{ Ev}$
C_6H_5F	2.57	85.0	1.0240	1.4646	-1.0
C_6H_5Cl	2.84	132.0	1.0660	1.5246	-0.70
C_6H_5Br	3.15	156.0	1.4951	1.5577	-0.67
C_6H_5I	3.34	(179.2)	(1.6760)	(1.5910)	(-0.56)

Four correlation equations were derived by using a computer:

$$T_{\text{melt.}} = 122.4 \lg(\Delta_{\text{ANB}}^{\sim}) - 229.6 \quad (4)$$

$$d_4^{20} = 0.8467 \lg(\Delta_{\text{ANB}}^{\sim}) - 1.1520 \quad (5)$$

$$n_d^{20} = 0.1641 \lg(\Delta_{\text{ANB}}^{\sim}) + 1.0429 \quad (6)$$

$$A_1 = 0.56 \lg(\Delta_{\text{ANB}}^{\sim}) - 2.44 \quad (7)$$

The correlation coefficient r is to 0.982; 0.984; 0.985; 0.983, respectively. Thus, in accordance with Japhe's criterion [5], the correlations are satisfactory.

The values for C_6H_5I were calculated theoretically (are given in brackets) by equations (4)-(7). Shannon's information entropy H_S can be calculated by formula:

$$H_S = -\sum P_i \log_2 P_i \quad (8)$$

where, P_i is the probability of the event.

For halogenbenzenes, $H_S = 1.3242$.

REFERENCES

1. M. Gverdtsiteli, G. Gamziani, I. Gverdtsiteli. The Contiguity Matrices of Molecular Graphs and their Modification. – Tbilisi, Tbilisi Univ. Press, 1996.
2. K. Kupatadze, T. Lobzhanidze, M. Gverdtsiteli. Algebric-Chemical Investigation of some Organic Molecules and their Transformations. - Tbilisi, Universal, 2007.
3. А.Н. Несмеянов, Н.А. Несмеянов. Начала органической химии. Кн.2. - Москва, 1970, с.54.
4. В.Ф. Травень. Электронная структура и свойства органических молекул. – Москва, Химия, 1989, с.359.
5. M. Gverdtsiteli. Selected Chapters of Physical Organic Chemistry. Tbilisi, Tbilisi University Press, 1982, 19 p. (in Georgian)

РЕЗЮМЕ

МАТЕМАТИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЛОГЕНБЕНЗОЛОВ

Гвердцители М.И., Лобжанидзе Л.В., Рцхиладзе Н.И.

Тбилисский государственный университет им. Ив. Джавахишвили

Центр экспериментальной биомедицины им. Ив. Бериташвили

Проведено математико-химическое исследование галогенбензолов в рамках метода квази-АНС-матриц. Построены четыре корреляционных уравнения. Корреляции удовлетворительны.

Ключевые слова: галогенбензолы, квази-АНС-матрица, корреляционное уравнение.

MODELING OF THE SYNTHESIS OF SULFANILAMIDE DIGLUCOSIDE BY A QUANTUM CHEMICAL METHOD

Shengelia N.G., Pachulia Z.V., Tabatazde L.V. and Gakhokidze R.A.

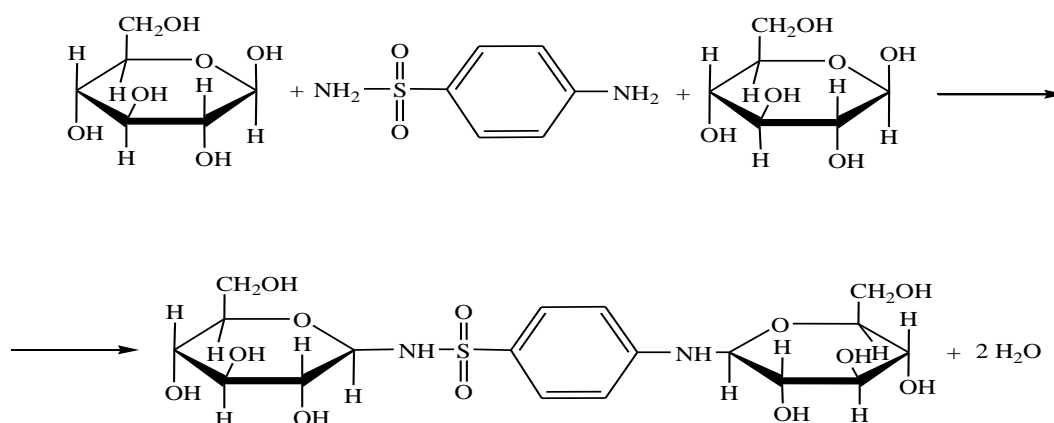
Sokhumi State University
Iv. Javakhishvili Tbilisi State University

Abstract. Quantum chemical method AM1 was applied to the interaction of sulfanilamide with two molecules of D-glucose in the alcohol medium with formation of sulfanilamide diglucoside. It is shown that hydrogen atoms split off completely from nitrogen atoms and bind with the oxygen atom, and two water molecules are formed. Between the N13 and C1 atoms, as well as between the N21 and C24 atoms, single bonds are set with formation of sulfanilamide diglucoside. The reaction activation energy made up $\Delta\Delta H^\ddagger = 781.03$ kJ/mol and $\Delta\Delta H = 110.66$ kJ/mol.

Keywords: sulfanilamide, glucose, diglucoside, quantum chemical method AM1.

In the previous paper, we applied the quantum-chemical method to the interaction of sulfanilamide with *D*-glucose with the formation of sulfanilamide monoglucoside [1].

This paper deals with the interaction of sulfanilamide with two molecules of *D*-glucose in the absolute alcohol medium with the formation of sulfanilamide glucoside.



In parallel similar calculations were performed by semi-empirical quantum chemical method AM1 [2] for binding of N₁₃ and N₂₁ atoms to C₁ and C₂₄ atoms with formation of sulfanilamide diglucoside and two molecules of water (Fig. 1).

The distance between the sulfanilamide C₁₄ atom binding to the N₁₃ atom of amino group and the atoms of the first molecule of glucose C₁, and the distance between the N₂₁ atom of amino group and the atoms of the second molecule of glucose C₂₄ binding to sulfonamide S₂₀ atom were taken by 1.0 Å more than the bond distances in the final product. The change in the distance R_{C-N} between N₁₃ and C₁ atoms, between N₂₁ and C₂₄ atoms, the distance R_{N-H} between N₁₃ and H₄₉ atoms, and between N₂₁ and H₅₅ atoms, and the distance R_{C-O} between O₈ and C₁ atoms, and between O₃₁ and C₂₄ atoms was happening in the 0.05 Å intervals. The dependence of energy alteration system (ΔH) between nitrogen and carbon atoms in the R_{C-N} distance is shown in Fig. 1.

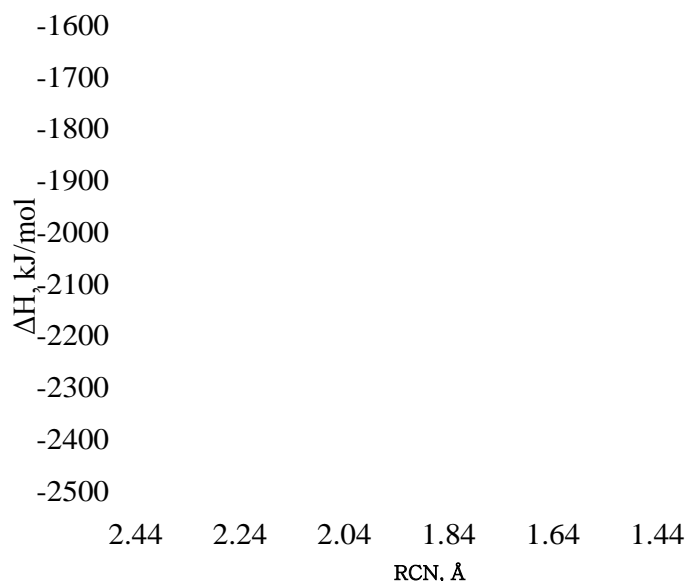


Fig. 1. Dependence of the energy alteration system between nitrogen and carbon atoms in the R_{C-N} direction during the interaction of sulfanilamide with two molecules of glucose

As is seen from Fig. 1, the energy system increases as the N_{13} atom approaches the C_1 atom and the N_{21} atom approaches the C_{24} atom to the distance of $R_{C-N} = 1.74 \text{ \AA}$. The bond order between N_{13} and C_1 atoms increases from 0.008 to 0.742, and between N_{21} and C_{24} – from 0.009 to 0.713. At the same time, the bond order between N_{13} and H_{49} atoms ($P_{N-H} = 0.882-0.430$), between N_{21} and H_{55} atoms ($P_{N-H} = 0.894-0.863$), O_8 and C_1 atoms ($P_{O-C} = 0.958-0.121$), and O_{31} and C_{24} atoms ($P_{O-C} = 0.965-0.101$) decreases. The formation of a new bond ($P_{O-H} = 0.011-0.435$ $P_{O-H} = 0.001-0.025$) with possible formation of two water molecules is noteworthy. The system energy acutely decreases in the 1.44 \AA distance between N_{13} and C_1 atoms, as well as between N_{21} and C_{24} atoms. The bond order between N_{13} and C_1 atoms reaches 0.974, between N_{21} atom and C_{24} atoms - 0.945, between O_8 and H_{49} atoms - 0.935, and between O_{31} and H_{55} atoms - 0.919, while between N_{13} and H_{49} atoms it reduces to 0.006, and between N_{21} and H_{55} atoms – to 0.001. Thus, the hydrogen atoms are entirely separated from the nitrogen atoms and bound to the oxygen atoms with formation of two water molecules. Sulfanilamide diglucoside will be formed by making a single bond between N_{13} and C_1 atoms, as well as between N_{21} and C_{24} atoms. The activation energy of the reaction is $\Delta\Delta H^\ddagger = 781.03 \text{ kJ/mol}$, and the reaction heat effect is $\Delta\Delta H = 110.66 \text{ kJ/mol}$. Initial, intermediate and final conditions are shown in Fig. 2-4.

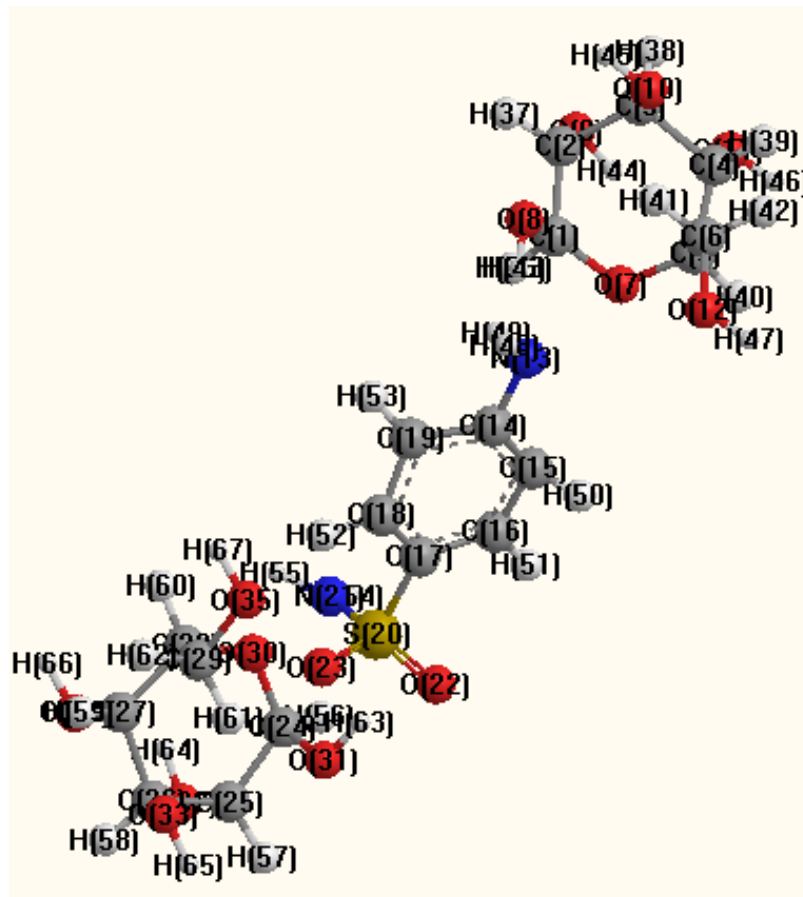


Fig. 2. Initial condition of interaction of sulfanilamide glucose with two molecules

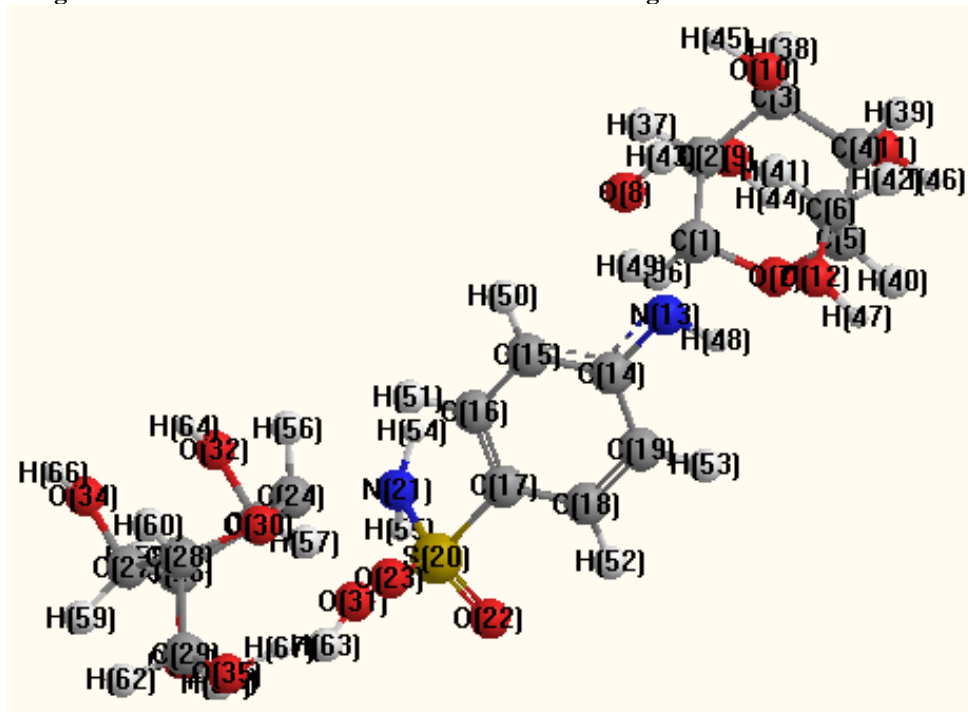


Fig.3. Intermediate condition of interaction of sulfanilamide glucose with two molecules

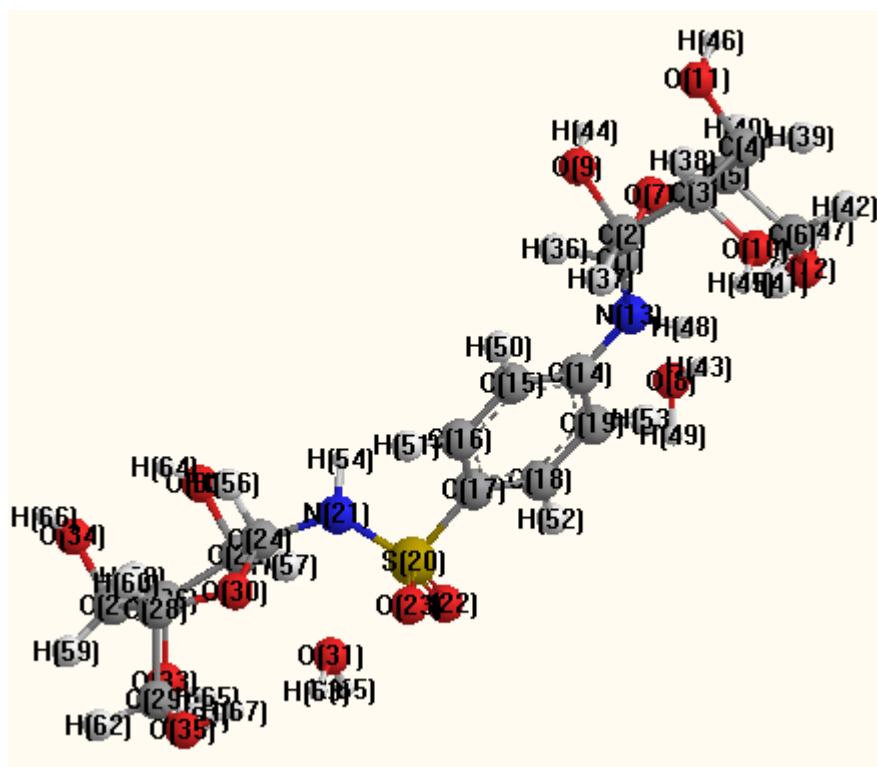


Fig. 4. Final condition of interaction of sulfanilamide glucose with two molecules

Proceeding from the comparison of activation energy ($\Delta\Delta H\# = 427.77$ kJ/mol, $\Delta\Delta H\# = 781.03$ kJ/mol) and the reaction of thermal effects ($\Delta\Delta H = 109.02$ kJ/mol, $\Delta\Delta H = 110.66$ kJ/mol), the sulfanilamide interaction with a single molecule of glucose in the diluted alcohol medium with formation of sulfanilamide monoglucoside is energetically more favorable. It is possible to provide the formation of diglucoside by sequential reactions under more favorable conditions, which is the subject of further research.

REFERENCES

1. Gakhokidze R., Sidamonidze N., Mamulia S., Vardiashvili R., Tabatadze L. Carbohydrate chemistry of laboratory practicum. – Tbilisi, 2006, 33p.
2. Dewar M.J.S., Zoebisch E.G., Healy E.F., Stewart J.J.P. //J.Am.Chem.Soc., 1985, 107, pp. 3902 -3909.

РЕЗЮМЕ

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИНТЕЗА ДИГЛЮКОЗИД СУЛЬФАНИЛАМИДА КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Шенгелия Н. Г., Пачудия З.В., Табатадзе Л.В., Гахокидзе Р.А.

Сухумский государственный университет

Тбилисский государственный университет им. Ив. Джавахишвили

Квантово-химический метод AM1 применили для образования диглюкозид сульфаниламида путем взаимодействия сульфаниламида с двумя молекулами Д-глюкозы в спиртовой среде. Показано, что атомы водорода полностью отщепляются от атомов азота и соединяются с атомом кислорода, вследствие чего образуются две молекулы воды. Между атомами N13 и C1, а также между атомами N21 и C24 устанавливаются одинарные связи с образованием диглюкозид сульфаниламида. Энергия активации реакции $\Delta\Delta H\# = 781.03$ кДж / моль и $\Delta\Delta H = 110,66$ кДж / моль.

Ключевые слова: сульфаниламид, глюкоза, диглюкозид, квантово-химический метод AM1.

РОЛЬ ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ РАСТЕНИЯ В УСТОЙЧИВОСТИ К ИНФЕКЦИОННЫМ ЗАБОЛЕВАНИЯМ

Канчавели Ш.С.

Научно-исследовательский центр Министерства сельского хозяйства Грузии

Взаимодействие паразита и растения-хозяина, начинающееся с момента проникновения патогена в клетку растения, приводит к изменению в обмене веществ растения. Изменения в обмене веществ, вызванные заражением, у неустойчивых форм растений как бы способствуют развитию инфекции, тогда как у устойчивых форм они направлены на подавление инфекционного начала. Одно из наиболее характерных проявлений заболевания растения заключается в повышении интенсивности дыхания и активности рода окислительных ферментов.

Защитную роль окислительных ферментов отмечают многие исследователи [1-3]. Исследования показали, что у устойчивых растений возрастает интенсивность дыхания. Причем интенсификация дыхательной системы растения-хозяина происходит в результате взаимодействия ферментных систем хозяина и паразита. На примерах грибов *Botritiscinerea* и *Phomarostrupii*, возбудителей фомоза моркови, показано, что ферментные системы паразитов активизируют таковые у пораженных растений. Степень активизации под действием инфекции определяется устойчивостью растительной ткани к данному виду патогенного микроорганизма. У устойчивых сортов активная реакция растения сопровождается усилением энергетического обмена. У восприимчивых растений под воздействием инфекции наблюдаются распад и нарушение отдельных звеньев обмена веществ. Роль окислительной системы растения-хозяина в этих реакциях проявляется в снижении активности гидролитических ферментов паразита, в нейтрализации его токсинов.

Антиоксическая реакция имеет основное значение в случае заболеваний, возбудители которых факультативные паразиты или некротрофы характеризуются полусапрофитным образом жизни. Типичным представителем патогенов этого типа является гриб *Botritiscinerea*. При изучении взаимоотношений устойчивых и неустойчивых сортов капусты с возбудителем серой гнили *Botritiscinerea* было установлено, что гриб всегда проникает в предварительно убитые его токсическими выделениями или ослабленные какими-либо внешними воздействиями клетки листьев капусты.

При внедрении гиф *Botritiscinerea* в листьях неустойчивых сортов капусты появляется заметное, быстро распространяющееся потемнение тканей вокруг места инфекции. Границы потемневшего участка ткани расширяются с каждым днем. Развитие мицелиев на поверхности листьев обнаруживается также с первых же дней заражения. У устойчивых сортов капусты первые 6-7 дней после заражения лист остается внешне совсем здоровым, несмотря на благоприятные условия, в которых находится паразит при искусственном заражении. Только на восьмые сутки в месте нанесения инфекции ткань темнеет и появляется налет конидиеносцев.

Устойчивость против инфекции определяется устойчивостью клеток против токсических выделений *Botritiscinerea*. Большая разница в размерах площади, занятой мицелием и отмершей в результате действия токсинов и потемневшей тканью, у неустойчивого сорта и почти полное совпадение этих показателей у устойчивого сорта свидетельствуют о том, что именно инактивация токсинов определяет защиту от патогена. Происходит это следующим образом. В клетках восприимчивого сорта поступающие токсины возбудителя вызывают необратимый процесс, вследствие чего клетки погибают. Влияние токсинов распространяется на значительное расстояние от места проникновения гифы паразита. Мертвые клетки широкой зоной окружают место инфекции, рост мицелия паразита не успевает за разрушительным действием токсинов, поэтому и наблюдается постоянный разрыв между распространением зоны потемневшей ткани и площадью, занятой мицелием гриба. По-иному

складываются взаимоотношения растения и паразита в случае устойчивого сорта. Зона действия токсинов в ткани устойчивого сорта ограничена двумя-тремя слоями клеток, прилегающих к месту нахождения мицелия паразита. Это объясняется тем, что в клетках, граничащих с гифами паразита, происходит обезвреживание токсических веществ патогена, в результате чего распространение их дальше по ткани не происходит. Гибель узкой зоны клеток дает возможность патогену продвинуть мицелий и начать атаку токсинами на следующий слой клеток, которые в свою очередь, берут на себя роль барьера для токсинов. Такие взаимоотношения между паразитом и клетками растения сдерживают развитие болезни, ограничивая распространение инфекционного процесса.

Борьба растений с токсическими выделениями патогенов, сходных по характеру паразитизма с *Botritis cinerea*, происходит аналогичным образом за счет способности растительных клеток разрушать токсины патогена.

Устойчивость на основе антитоксических реакций может быть достигнута путем окисления токсических веществ до безвредных соединений. У устойчивого сорта капусты преобладают окислительные ферменты, нечувствительные к токсичным и к тому же активизирующиеся под их влиянием (пероксидаза и ферменты остаточного действия). У неустойчивых же сортов преобладают окислительные ферменты, подавляемые токсинами гриба, а группа оксидаз, устойчивая к токсинам, представлена слабо.

Таким образом, действие окислительных ферментов в активных защитных реакциях растений может быть направлено на окисление токсинов до нейтральных веществ, т.е. их обезвреживание. В состав токсинов входят недоокисленные продукты обмена (органические кислоты, амины, аммиак и т.п.). Полное окисление таких веществ приводит к их разрушению и потере токсичности.

Установлено, что устойчивость растения может быть связана и с инактивацией ферментов паразита или с подавлением их синтеза. Так, устойчивость сортов яблони к возбудителю плодовой гнили *Monilia fructigena* связана с их способностью инактивировать пектолитические ферменты, синтезируемые грибом.

Такое же влияние на ферменты могут оказывать фенольные соединения, аминокислоты или металлы. Они подавляют активность многих ферментов, в том числе и пектолитических, играющих важную роль в паразитизме микроорганизмов. Устойчивость может быть связана с инактивацией фенолами внеклеточных ферментов, позволяющих патогенам заселять растения. Способность клеток растения противостоять развитию гидролитических процессов, вызываемых действием внеклеточных ферментов паразита, имеет большое значение в устойчивости. Такая защитная реакция не только обеспечивает сохранение нормальной структуры цитоплазмы и нормальной жизнедеятельности клетки, но и лишает патоген необходимой ему пищи. Ингибирование гидролитических процессов может достигаться двумя путями: разрушением внеклеточных ферментов паразита и их подавлением и активированием синтетических процессов. Как тот, так другой путь связаны с потреблением энергии, освобождающейся в процессе дыхания, интенсивность которого возрастает у устойчивых растений в процессе заражения. Интенсификация дыхательной системы растения-хозяина происходит в результате взаимодействия ферментных систем хозяина и паразита. Степень активизации дыхательной системы под действием инфекции определяется устойчивостью клеток растения к данному патогену. У устойчивых сортов активная реакция растения сопровождается усилением энергетического обмена. У восприимчивых растений под воздействием инфекции наблюдаются распад и нарушение отдельных звеньев обмена веществ. Роль окислительной системы проявляется в снижении гидролитических ферментов паразита.

Окислительные ферменты в активных защитных реакциях растений принимают участие в процессах синтеза веществ, восстанавливающих повреждения, наносимые паразитом, и способствующих образованию механических преград. Особое значение приобретают эти процессы в устойчивости растений к патогенам, проникающим в растения через поранения.

Типичным представителем раневых паразитов является гриб *Fusariumsolani*, поражающий клубни картофеля в период хранения.

Растительная ткань обычно реагирует на поранение залечиванием ран. Поврежденные клетки выделяют специальные вещества, которые вызывают процессы, приводящие к делению клеток и заживлению раны, часто это связано с образованием пробки. Раневая перидерма играет важную защитную роль в устойчивости растений, так как ее клетки представляют собой механический барьер на пути проникновения паразитов, и, кроме того, содержат вещества разной химической природы, обладающие антибиотическим действием. Скорость образования раневой перидермы и размеры этого слоя имеют значение в устойчивости растений к раневым паразитам. Эффективность раневой перидермы в качестве защитного барьера может зависеть от соотношения скорости образования этой ткани и скорости роста внедряющегося паразита.

Деятельность окислительных ферментов как факторов активного иммунитета растений может проявляться и в процессах, ведущих к образованию защитного слоя клеток между паразитом и растительной тканью, слоя, который называют демаркационным. В ответ на заражение вокруг пораженного участка может начать образовываться слой пробки, который при достаточно быстром образовании полностью изолирует патоген. В других случаях, например у некоторых поражающих листья видов *Alternaria*, гриб проникает через слой пробки, и тогда возникает второй слой, который гриб также преодолевает, и так продолжается далее. В результате возникают поражения с характерными концентрическими кольцами. Преодоление очередного барьера в значительной степени замедляет скорость распространения патогена. При заражении клубней картофеля возбудителем обыкновенной парши (*Streptomycescabies*) у устойчивого сорта вокруг паразита быстро возникает слой пробки, тогда как у восприимчивого сорта развитие пробки происходит медленнее и оказывается неэффективным. Успешное образование барьера из пробки приводит к локализации очагов болезни, как это наблюдается в случае парши обыкновенной. Барьер из пробки может препятствовать распространению токсинов из пораженных тканей. Так, при поражении косточковых плодовых деревьев грибом *Clasterosporiumcarpophylum* гриб вызывает дырчатую пятнистость листьев. Лист продырявливается вследствие того, что пораженные места в конечном итоге выпадают. Гриб выделяет в ткани листа токсин, вызывающий отмирание клеток, после чего происходит локализация очага заболевания, в результате которой возникает вторичная меристема, образующая защитный слой. Этот слой проходит через всю толщу листа и изолирует очаг болезни вместе с продуктами обмена веществ паразита. В конце концов очаг заболевания вытесняется и пораженная ткань выпадает, а место выпадения зарубцовывается.

Антитоксическими являются пробковые слои, образующиеся на корнях табака при поражении их черной гнилью, а также защитные слои из вторичной перидермы на корнях некоторых древесных пород при заражении их опенком. Токсины опенка очень ядовиты и могут сильно ослаблять деревья. Поэтому, препятствие для их распространения предотвращает отравление тканей и ослабление их сопротивляемости.

Таким образом, окислительные ферменты являются активными участниками биохимических процессов, происходящих в результате взаимодействия растения и паразита. Интенсивность и характер этих процессов, их влияние на конечный исход заболевания зависят от присущих каждому из них особенностей обмена веществ, а также от тех изменений, которые возникают в обмене в результате взаимодействия хозяина и паразита. Эти сдвиги в обмене обусловлены изменениями в деятельности ферментов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гойман Э.О. Инфекционные болезни растений. Перев. с немецк. -М., ИЛ, 1964, 608 с.
2. Рубн Б.А., Арциховская Е.В. Биохимия и физиология иммунитета растений. -М., Высшая школа, 1988, 415 с.
3. Канчавели Ш.С. Патология трахеомикозного усыхания плодовых и биологические основы повышения их устойчивости. Автореф. дис. На соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук. -Тбилиси, Институт защиты растений, 1998, 300 с.

SUMMARY

THE ROLE OF OXIDATION PROCESSES IN PLANT RESISTANCE TO INFECTIOUS DISEASES

Kanchaveli Sh.S.

Scientific-Research Centre of the Georgian Ministry Agriculture

It was revealed that plant oxidative enzymes neutralize pathogen enzymes and their toxic activity, which results in the reduction of pathogen virulence. Besides, they participate in those biological processes that result from the interaction between the plant and the pathogen. The intensity and character of these processes as well as their influence on the disease depend on the peculiarities and changeability of the metabolism that occurs in the process of plant-pathogen interaction.

Keywords: oxidation processes, plant disease resistance, oxidative enzymes, pathogen.

СВЕРХЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ КАК ФАКТОР ИММУНИТЕТА РАСТЕНИЙ

Канчавели Ш.С.

Научно-исследовательский центр Министерства сельского хозяйства Грузии

Сверхчувствительность как фактор иммунитета растений рассматривают многие исследователи [1-3].

Сверхчувствительность обозначает повышенную чувствительность, проявляющуюся в быстрой гибели клеток хозяина в непосредственной близости от места заражения. Благодаря этому внедряющийся паразит оказывается изолированным от живой ткани растения-хозяина барьером из мертвых клеток. Сверхчувствительность возникает в ответ на заражение грибами, бактериями, вирусами, микоплазмами и актиномицетами. Устойчивость при этом фактически обеспечивается тем, что в результате очень сильной чувствительности возникают характерные мелкие некрозы. Подобного рода механизм устойчивости особенно важен в случае облигатных паразитов и близких к ним по типу питания факультативных сапрофитов, так как эти группы патогенов способны использовать для питания только живые клетки. Действительно, отмирание окружающих тканей ведет к голоданию, а затем и к гибели биотрофов. Некротрофы – факультативные паразиты способны продолжать развитие в клетках как сапрофиты.

Но нашими исследованиями установлено, что реакция сверхчувствительности является важным фактором иммунитета и к факультативным паразитам, в том числе к грибам и фитопатогенным бактериям, гибель которых наступает в результате отравления образующимися токсическими веществами. В этом случае защитная реакция направлена непосредственно против возбудителя инфекции.

Наиболее распространена недетерминированная сверхчувствительность, при которой некроз клеток хозяина сочетается с ограниченным, но продолжающимся ростом гриба. Детерминированная сверхчувствительная реакция ведет к полной остановке роста гриба.

Внешне реакция сверхчувствительности проявляется в образовании некрозов. Особенно четко она проявляется при внедрении в растение облигатных паразитов и факультативных сапрофитов, отличающихся высокой приспособленностью к обмену веществ растения-хозяина.

Мы провели цитологические исследования процесса заражения листьев устойчивых и неустойчивых сортов клевера возбудителем мучнистой росы *Eresiphepolygoni*.

В начале инфекции первые этапы патологического процесса, а именно проникновение возбудителя в ткани, происходят одинаково и у устойчивого, и у неустойчивого сорта. Но затем картина резко меняется. У восприимчивых сортов инфекционная гифа, проникнув в клетку, образует гаусторию, которая обеспечивает питание всему мицелию. Клетка растения, в которую проник гриб, продолжает функционировать, наблюдается как бы мирное симбиотическое сожительство патогенного организма с высшим растением.

Иную картину дает заражение листьев устойчивого сорта клевера. Тотчас же после проникновения гифы в клетку, ядро и все содержимое клетки начинают темнеть. Некроз быстро охватывает всю клетку, которая гибнет вместе с гифой. В некоторых случаях реакция сверхчувствительности не ограничивается гибелью непосредственно инфицированных клеток, а захватывает также клетки, граничащие с инфицированными. Так осуществляется защитная реакция (сверхчувствительность), которая является результатом активной биохимической реакции, возникающей в клетке в ответ на внедрение в нее паразита. Гибель клетки вместе с паразитом прерывает инфекционный процесс, и болезнь дальше не развивается.

Скорость и интенсивность реакции сверхчувствительности различны при разных сочетаниях растения и паразита, а именно: чем устойчивее сорт, тем быстрее протекает реакция сверхчувствительности. Характер изменения хода реакции сверхчувствительности в зависимости от устойчивости сорта четко проявляется при заражении сортов пшеницы

ржавчиной. Как правило, при проникновении ржавчинных грибов на листьях растения- хозяина появляются хлоротичные пятна, в последствии переходящие в некротические. При этом у устойчивых сортов некрозы выражены более четко, чем у восприимчивых. У неустойчивых сортов пустулы ржавчинного гриба крупные, бархатистые, обесвечивание ткани вокруг пустул обычно отсутствует, а для сортов очень восприимчивых это характерно. У высокоустойчивых сортов некрозы в виде мелких точек, иногда их даже не удается обнаружить невооруженным глазом, пустулы не развиваются. Это высший тип устойчивости – иммунитет. Между этими двумя крайними типами находится целая гамма переходов от слабовыраженной хлоротичной зоны, появление которой свойственно малоустойчивым сортам, до четко выраженных некрозов с образованием очень мелких пустул (устойчивые сорта).

Аналогичные явления были установлены при взаимодействии и факультативного сапрофита – гриба *Phytophthora infestans* с тканями картофеля разных по устойчивости сортов. Ткани устойчивых сортов картофеля после проникновения в них гриба подвергаются воздействию реакции сверхчувствительности отмирают, выделяют соединения, подавляющие рост патогена и предупреждающие дальнейшее его распространение. Отмершая ткань не может служить субстратом для роста как *Ph. Infestans*, так и многих других грибов, которые обычно способны развиваться в качестве сапрофитов. Клетки устойчивых сортов погибают в течение одного-двух дней после проникновения патогена, образуя мельчайшие некротизированные участки, которые не всегда можно заметить даже под микроскопом. У восприимчивых сортов картофеля клетки остаются живыми достаточно длительное время и гриб успевает распространиться и образовать споры. В некоторых случаях реакция сверхчувствительности может протекать в устойчивом сорте картофеля настолько замедленно, что до момента образования четких некрозов гриб успевает образовать некоторое количество спор. Однако дальнейшего распространения инфекции, как правило, не наблюдается. Патологический процесс завершается образованием отдельных спор на ткани с некрозом.

У ракоустойчивых сортов процесс обезвреживания паразита за счет реакции сверхчувствительности может идти разными путями. Начальные этапы инфекционного процесса у устойчивых и восприимчивых сортов одинаковы. Однако после того как гриб проникает в ткани, картина развития паразита в тканях разных по устойчивости сортов меняется.

У восприимчивых сортов паразит продолжает нормально развиваться, что в конечном итоге приводит к появлению раковых наростов, угнетению растений, снижению паразита.

В таких устойчивых к раку сортов реакция сверхчувствительности может идти следующим образом. У одних сортов внедрение в ткани паразита приводит уже к отмиранию эпидермальных клеток. Содержимое этих клеток превращается в однородную массу, клетки теряют тургор, сжимаясь под давлением соседних жизнедеятельных клеток. Некрогенная реакция у таких сортов происходит на самых ранних этапах патологического процесса – в момент внедрения паразита в ткани.

У других ракоустойчивых сортов реакции сверхчувствительности протекают таким образом, что эпидермальные клетки, в которые проник паразит, не претерпевают некоторое время никаких изменений. Соседние незараженные клетки постепенно начинают отмирать. Вокруг очага заражения образуется зона мертвых клеток, кольцом охватывающая клетки с паразитом. Подача питательных веществ из соседних отмерших клеток прекращается, кроме того, в погибших в результате сверхчувствительной реакции клетках образуются специфические вещества, губительно действующие на паразита.

В результате отсутствия питательных веществ и действия токсических веществ паразит погибает. Некротическая ткань обволакивает клетку с паразитом, путем усиленного деления клеток в зоне некроза происходит как бы выталкивание очага заражения из клубня.

Продолжительность проявления некрогенных реакций зависит от сорта, внешних условий и может длиться различное время (от нескольких часов до нескольких суток). Площадь

некроза обычно ограничивается зоной внедрения паразита. Поэтому некрозы обычно, носят местный характер, за пределы некрогенной зоны паразит не распространяется.

Причина возникновения реакции сверхчувствительности заключается в том, что клетки растений обладают повышенной чувствительностью к продуктам жизнедеятельности паразитов-биотрофов.

Некротические реакции как фактор иммунитета при заражении их паразитами известны у многих растений. Точечные некрозы свойственны видам и сортам винограда, устойчивым к милдью.

Сверхчувствительные реакции наблюдаются у устойчивых растений в ответ на проникновение вирусов. Так, некрозы на листьях иммунных к табачной мозаике видов табака возникают в ответ на внедрение вируса, вызывающего это заболевание. Сверхчувствительная реакция определяет устойчивость к вирусам растений картофеля.

Активными реакциями, локализующими внедряющегося в ткани паразита, обладают сорта подсолнечника, устойчивые к заразице. Защитная реакция устойчивого сорта проявляется в том, что в месте внедрения в ткань корешка подсолнечника проростка заразицы образуются вздутия, в которых паразит погибает.

Во всех случаях реакция сверхчувствительности представляет собой комплекс биохимических процессов, возникающих в клетках растения-хозяина под действием патогена.

ЛИТЕРАТУРА

1. Канчавели Ш.С. Патология трахеомикозного усыхания плодовых и биологические основы повышения их устойчивости. Автореф. дис. на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук. -Тбилиси, Институт защиты растений. 1998, 300 с.
2. AgriosGeorgen. Plant Pathology, 2005, p. 316.
3. Dicinson M. Plant Pathology, Journal, 2014, 1, pp. 17-81.

SUMMARY

HYPERSENSITIVITY AS A FACTOR OF PLANT IMMUNITY

Kanchaveli Sh.S.

Scientific-Research Centre of the Georgian Ministry Agriculture

At the moment of infection penetration, in disease-resistant plants a hypersensitive reaction develops, which results in the death of cells of tissues surrounding the pathogen and hence in the localization of the spread of infection. Eventually the pathogen dies from the lack of nutrition. The rate and intensity of the hypersensitive reaction is different for various plants, namely, the more resistant is the plant the faster is the hypersensitive reaction. The duration of the hypersensitive reaction exposure depends on the plant species and environmental conditions, and it may last from several minutes to several days. Hypersensitivity as a factor of plant immunity is of great importance for plant disease resistance.

Keywords: plant immunity, hypersensitive reaction, disease-resistant plants.

МЕДИЦИНСКИЙ И БИОАКТИВНЫЙ ТЕКСТИЛЬ

Паилодзе Н.О., Буадзе Е.П., Бочоришвили Р.И.

Государственный университет им. Ак.Церетели, Кутаиси

Текстиль и медицина давние союзники, поскольку волокна и материалы на их основе с давних времен используются человеком в качестве перевязочных средств. Поэтому, разработка перевязочных материалов, обладающих пролонгированным лечебным эффектом, стала актуальной задачей не только для медиков, но и для текстильщиков.

Объекты и методы исследования

Медицинский текстиль – широкое понятие, охватывающее круг материалов, которые используются не только в лечебной практике, но и во многих других сферах жизнедеятельности человека. В зависимости от природы и свойств вводимого соединения или композиционного препарата, текстильный материал можно подразделить на две большие группы: лечебный (медицинский) и биоактивный (антибактериальный или бактериостатический).

Антибактериальные текстильные материалы предназначены прежде всего для подавления размножения и жизнедеятельности грибков, гнилостных бактерий и т.д. за счет действия введенных в них биологически активных веществ. Наиболее прочный бактериостатический эффект текстильным материалам из целлюлозных волокон можно придать путем образования химической связи между наносимым препаратом и волокном с последующим постепенным гидролизом. Для его реализации необходимо наличие в препарате функциональных группировок, способных вступать в химические взаимодействия с активными группами волокна. Процесс гидролиза и массоперенос биоактивного препарата должны происходить с определенной скоростью, регулирование которой тоже является весьма непростой задачей. К тому же, эту технологию можно использовать только для материалов, содержащих целлюлозные волокна.

Используя для антибактериальной отделки текстиля обычное аппретирование, невозможно получить отделку, сохраняющую свои свойства в течение всего срока эксплуатации изделия. Поэтому, в зарубежной практике производства бактериостатических материалов применяют другие технологические приемы. Антибактериальное вещество можно вводить непосредственно в расплав или раствор полимера, из которого затем формируют нити или волокна. Наибольшее распространение получило использование инжекторов – струйных насосов. Препарат как бы впрыскивают в волокно в процессе его формирования после продавливания раствора или расплава через фильеры перед поступлением волокна в осадительную ванну.

Таким образом, в волокно можно ввести не только отдельные вещества, но и их композиции. Материалы, прошедшие инжекторную обработку, используют в смесях с целлюлозными или другими химическими волокнами, а также отдельно для выработки ткани или нетканых полотен. В процессе эксплуатации изделий антибактериальный препарат медленно мигрирует из внутренних слоев к поверхности материала и, по мере расходования, в наружные слои поступают его новые порции.

Текстильные материалы с антимикробными свойствами широко используются для изготовления одежды, белья и первичных средств защиты, санитарно-гигиенических изделий. Они эффективны как средство защиты против инфекций [1].

Постановка задачи

Из вышеуказанного очевидно, насколько важна эта проблема для здоровья человека. Поэтому мы поставили перед собой задачу разработать лечебные текстильные материалы в виде салфеток и перевязочных средств, для получения которых будут применяться природные ресурсы Грузии, которые до сегодняшнего дня никем и нигде не применялись для этой цели.

Результаты и их обсуждение

Нами ведутся исследования по разработке профилактических лечебных салфеток и перевязочных материалов с использованием местных бентонитов. Текстильный материал и бентонит, которые в отдельности широко применяются в медицинской практике, являются интересными и нужными объектами исследований [2]. Изготовленная нами салфетка имеет три слоя. Первый – текстильная основа, второй- полимерная основа и третий – это лекарство, которое непосредственно располагается на поверхности салфетки и обеспечивает поступление в рану первой „ударной“ дозы лекарства.

На данном этапе работы нами подобрана структура текстильной основы [3], вид бентонита, изучены гигроскопичность, жесткость, капиллярность предлагаемой салфетки [4] и метод нанесения композиции на ткань. Наши исследования показали, что предлагаемый нами метод изготовления лечебных салфеток приемлем для медицинских целей.

Представленная работа носит обзорный, ознакомительный характер, в ней отсутствуют подробности эксперимента, которые будут рассмотрены в дальнейших работах.

Выводы

Анализ материалов данной работы позволяет сделать вывод о своевременности и актуальности поставленной задачи и правильности ее решения, о чем свидетельствует создание новых медицинских материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Макарова Н.А.и др. Текстиль против микробов. //Текстильная промышленность, 2003, №6, с.12.
2. Буадзе Е.П. Бентониты в текстильной промышленности. –К., Кутаисский изд центр, 2005, 300с.
3. Буадзе Е.П., Паилодзе Н.О., Жоржолиани С.Ф. Исследование влияния условий вязания на параметры трикотажных изделий медицинского назначения. //Научный альманах, спец выпуск ж.Текстильной промышленности, 2008, №4, сс.50-56.
4. Буадзе Е.П., Паилодзе Н.О., Шарабидзе М.Р. Исследование особенности гелеобразования глинистых минералов. // Труды Кутаисского научного центра АНГ, 2005, т.14, сс. 56-62.

SUMMARY

MEDICAL AND BIOACTIVE TEXTILES

Pailodze N.O., Buadze E.P. and Bochorishvili R.I.

Akaki Tsereteli State University, Kutaisi

The paper represents a survey dealing with new technologies of medicinal and bioactive textiles and the actuality of relevant studies. A brief survey of the studies carried out at Akaki Tsereteli Kutaisi State University is presented. The analysis of the obtained experimental results showed the prospects and efficiency of investigation of tissues with various medicinal preparations for treatment and prophylaxis of affected areas of the body.

Keywords: medicinal textile, bioactive textile, new technology.

მოზარდებისათვის რაციონალური ჩასაყვანი
 ორთოლაბაშის მიღების ინოვაციური მეთოდი

ქათამაძე ა.გ., კიკნაველიძე ლ.გ.

აკ. წერეთელის სახელობის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი

თანამედროვე ფეხსაცმლის ხარისხის ძირითადი განმსაზღვრელია მისი უტილიტარული (სამომხმარებლო) თვისებები. ამ თვისებებიდან კი განსაკუთრებული ყურადღება მახვილდება, ტერფის პლანტარული ნაწილის შესატყვის საყრდენზე, რადგან ტერფი სამ ნაწილზე არსებული რეფლექსოგენური უბნები აინერვირებენ ადამიანის ცალკეულ ორგანოებს. რაციონალური საყრდენი ზედაპირი კი ფეხსაცმელში შესაძლებელია მივიღოთ ორთოლაბაშის გამოყენებით. რაციონალური ფორმისა და ზომის ორთოლაბაშის გამოყენების მნიშვნელობა განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მოზარდის ფეხსაცმელებში, რადგან ამ შემთხვევაში მცირე უზუსტობაც კი შეიძლება გახდეს არამარტო მოზარდის ტერფის პათოლოგიის გამომწვევი, არამედ მისი სხვა ორგანოების (განსაკუთრებით ხერხემლის) დაზიანების მიზეზიც, ამიტომ ორთოპედიული დაბაშის დღეს არსებული უახლესი „პედოგრაფიული“ მეთოდიც კი თუ ორთოლაბაშის განახლება არხდება ყოველ სამ თვეში მაინც მოზარდებისათვის დაუშვებელია, რადგან ამ პერიოდში მოზარდის ტერფის სიგრძე (შესაბამისად ტერფის სხვა ზომებიც) ინტენსიურად იზრდება, იცვლება ტერფის პლანტარული ნაწილის რელიეფი და ძველი დაბაში ხდება ტერფისათვის შეუსაბამო (ასეთი ორთოლაბაშის ფორმა და ზომები უცვლელია) ამიტომ დიდი ალბათობითის გამოიწვევს ტერფისა და სხეულის სხვაორგანოების პათოლოგიებს.

ტერფის პლანტარული ნაწილის შესატყვისი ორთოპედიული დაბაშის შემუშავებისათვის მრავალი კვლევებია ჩატარებული. ორთოპედიული დაბაშის მისაღებად პირველად გამოიყენეს კორპის ხის ქერქი. კორპის ქერქისაგან ორთოლაბაშის დამზადება არაეფექტური იყო, რადგან მასალის დანაკარგი აღწევდა 70%-ს. დაბაშის წარმოება ხდებოდა ხელით ვიზუალურად (დაბალი სიზუსტით) მაღალკვალიციური მუშის მიერ, დაბალი იყო შრომის ნაყოფიერება (3წყ. დღეში), დამზადებული ორთოლაბაშის ექსპლოატაციის ვადა იყო მცირე (1-2თვე) [1].

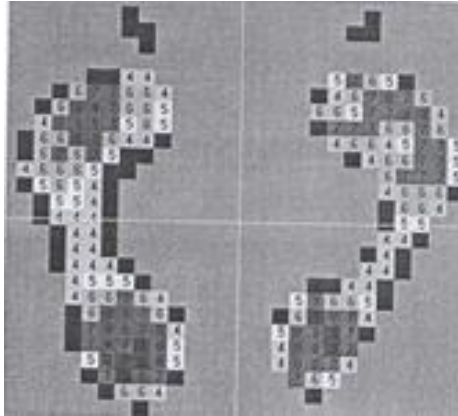
შემდგომი კვლევებით შემუშავდა ორთოლაბაშის მიღების სრულიად განსხვავებული მეთოდი, მიკროფორული პოლიურეთანის საშუალებით [2] მეთოდი ითვალისწინებდა პოლივინილქლორიდის ორმაგი აფსკის პაკეტში ჩადებული პლასტელინის საშუალებით ტერფის ანაბეჭდის მიღებას და შემდეგ გაცივებული პლასტელინიდან პოლიურეთანის ჩამოსასხმელი ფორმის დამზადებას.

ეს მეთოდი იმ დროისათვის შედარებით პროგრესული იყო, მაგრამ ამ წესით დამზადებული ორთოლაბაში საკმაოდ შრომატევადი და არაჰიგიენური იყო.

დღემდე ტერფის პლანტარული ნაწილის ფორმის დიაგნოსტიკის ყველაზე სრულყოფილ შედეგს იძლევა ტერფის პედოგრაფიული გამოკვლევა [3], რომელზეც ხდება ტერფის მდგომარეობის დაფიქსირება კომპიუტერული ანაბეჭდის სახით, 0,01მმ-მდე სიზუსტით ნახ.1.

კომპიუტერიდან აღებული ინფორმაცია გადაეცემა ციფრული პროგრამული მართვის საჩარხ მანქანას და სპეცმასალისაგან გამოჩარხვით დამზადება პაციენტის ტერფის პლანტარული ნაწილის შესატყვისი ორთოლაბაში.

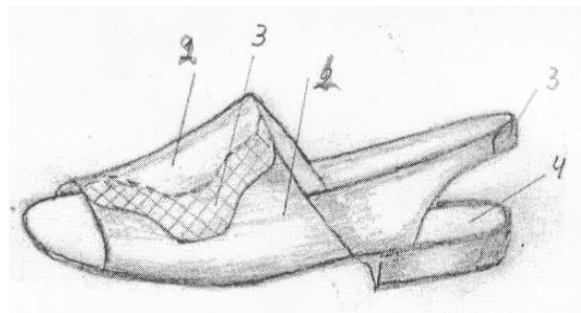
ტერფის პლანტარული ნაწილის რელიეფური ბუნების აღწერისა და ინფორმაციის ჩაწერისათვის გამოყენებული აღნიშნული აპარატურა საკმაოდ რთული და ძვირადღირებულია, კიდევ უფრო ძვირადღირებულია ინფორმაციის მიხედვით სპეცმასალიდან ორთოლაბაშის საჩარხი მანქანა. ამიტომ ასეთი ორთოლაბაშის ღირებულება საკმაოდ ძვირადღირებულია. ეს ორთოლაბაშები ძირითადად მისაღებია მხოლოდ ზრდასრული ადამიანებისათვის. მოზარდებისათვის კი ასეთი ორთოლაბაშების გამოყენება, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ პრაქტიკულად მიუღებელია.



ნახ.1 ტერფის პლანტარული ნაწილის ანაბეჭდი

ზემოთ განხილული მეთოდების ანალიზისა და ჩატარებული კვლევების შედეგად ჩვენს მიერ შემუშავდება მოზარდებისათვის ორთოლაბაშის მიღების ახალი მეთოდი, რომელიც სრულიად გამორიცხავს ზემოთ განხილული მეთოდების ყველა ნაკლოვან მხარეებს: არის ნაკლებად შრომატევადი; იაფი; ზუსტი და მაღალჭივიერული. ამ წესით ზრდასრული ადამიანებისათვის ორთოლაბაშის მიღების მეთოდი ჩვენს მიერ განხილული იყო [4] შემდგომი კვლევების შედეგად პროცესი დაიხვეწა და მუშაობა ძირითადად წარიმართა მოზარდთა ტერფებისათვის დამახასიათებელი პრობლემების გათვალისწინებით ორთოლაბაშების შემუშავების კუთხით.

მოზარდთა ორთოლაბაშის მოსამზადებელი ოპერაციები მიმდინარეობს შალის ბოჭკოს წინასწარი მოთელვის სახით, წინასწარ ნახევრად მოთელილი ფენილიდან კი გამოიჭრება სასურველი ფორმისა და ზომის ჩასაფენი ორთოლაბაშის დეტალის წყვილი საჭირო აუცილებელი ნამეტით, ასევე გამოიჭრება იგივე ფორმისა და ზომის (ნამეტების გარეშე) 0,7მმ სისქის შეუღებავი სასარჩულე ტყავის ღაბაშები ისინი (შალისა და ტყავის ღაბაშები) ერთმანეთს დაუკავშირდება და ჩაეფინება ორთოლაბაშის მისაღებ სპეცკონსტრუქციის ფეხსაცმელში, ნახ.2.



ნახ.2. მოთელვისათვის გამოყენებული სპეცფეხსაცმელი:

- 1 – საკავშის გარე ნაწილი; 2 - საკავშის შიგა ნაწილი; 3 - „კოსმოსური ელვა-შესაბნევი“ - სარეგულირო ზონა; 4 – პოლიეთილენის საიზოლაციო თხელი აფსკი.

სპეცფეხსაცმელს მოზარდი ატარებს განსაზღვრული პერიოდის განმავლობაში, რომელიც საკმარისია მოზარდის ტერფის პლანტარული ნაწილის შესატყვისად ძირითადად დაყალიბებისათვის. ამის შემდეგ ორთოლაბაში ამოიღება სპეცფეხსაცმელიდან შემოსწორდება მისი ნაწიბურები ძირითადი ფეხსაცმლის ღაბაშის კონტურის მიხედვით (შემოსწორება უმნიშვნელოა) და ჩაიდება მოზარდის ძირითად

ფეხსაცმელში, რომელშიც ორთოლაბაში მუდმივად განიცდის ფორმირების სრულყოფას.

ამ მეთოდით მიღებული ორთოლაბაში რელიეფურ ბუნებას იცვლის ტერფის ზრდის ცვლილების შესაბამისად ამიტომ იგი ტარების სრულ პროცესში რჩება მოხერხებული. ორთოლაბაშის მიღებისათვის გამოყენებული შალის ბოჭკო და ჩასაფენი დაბაში ცხოველური წარმოშობის ბუნებრივი მასალებია და ხასიათდებიან მაღალი ჰიგიენური თვისებებით ამასთან მისი ღირებულება საკმაოდ დაბალია.

ლიტერატურა

1. „Schnh-Technik“ #12.1973
2. Ж.Ж. Казиев А.Д. Заинчковский и др. Ортопедические стельки из микропористого полиуретана. ВУЗ Технология легкой промышленности №3 Киев 1976.
3. ქათამაძე ა.გ., გრძელიძე მ.გ. ორთოპედიული დაბაშის მიღების რაციონალური მეთოდი. აწსუ საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენციის შრომების კრებული, 2013წ.
4. მ.გრძელიძე, ა.ქათამაძე. რაციონალური ორთოლაბაშის შემუშავება აწსუ. საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენციის შრომების კრებული, 2012წ.

SUMMARY

INNOVATIVE METHOD OF FABRICATION OF THE ORTHOPEDIC INSOLE FOR TEENAGERS

Katamadze A.G. and Kiknavelidze L.G.

Akaki Tsereteli State University, Kutaisi

The paper deals with a rational method of fabrication of orthopedic insoles for teenagers. The method is based on wool dump. The orthopedic insole is comfortable for teenagers during the whole period of wearing. It is highly hygienic and cheap.

Keywords: orthopedic insole, innovative method, wool dump.



ვლადიმერ ვლადიმეროვიჩი – 80

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის პროფესორს, საქართველოს საინჟინრო აკადემიის ნამდვილ წევრს ვლადიმერ ფადიურაშვილს 80 წელი შეუსრულდა.

ვლადიმერ (ზაურ) ფადიურაშვილი დაიბადა 1936 წელს დედოფლისწყაროში. 1955 წ. დაამთავრა საშუალო სკოლა და სწავლა გააგრძელა საქართველოს ტექნიკურ ინსტიტუტში ქიმიური და კვების მრეწველობის ფაკულტეტზე. რომელიც დაამთავრა 1960 წელს და მიენიჭა ინჟინერ-ტექნოლოგის კვალიფიკაცია.

თავისი ხანგრძლივი და მეტად ნაყოფიერი შრომითი მოღვაწეობა ბატონმა ვლადიმერმა დაიწყო ინსტიტუტის დამთავრებისთანავე რუსთავის ქიმიურ კომბინატში, სადაც მუშაობდა მეაპარატედ, უფროს მეაპარატედ, კონტროლის ლაბორატორიის გამგედ. შემდეგში იგი დაინიშნა კომბინატის ახლად ჩამოყალიბებული სამეცნიერო-ექსპერიმენტალური ცენტრის უფროსად. 1961 წელს კომბინატმა იგი რამდენიმე ახალგაზრდა სპეციალისტთან ერთად ერთი წლით მიაგვლინა გორკის ოლქის ქალაქ ძერჟინსკის კაპროლაქტამის ქარხანაში გამოცდილების მისაღებად, საიდანაც დაბრუნების შემდეგ მუშაობდა კაპროლაქტამის გასაშვებ ობიექტზე, სადაც უდიდესი წვლილი შეიტანა წარმოების ათვისება-გაშვების პროცესსა და პირველი ქართული კაპროლაქტამის მიღების საქმეში.

განსაკუთრებით ნაყოფიერი იყო ვ. ფადიურაშვილის საქმიანობა სამეცნიერო-ექსპერიმენტური ცენტრის ხელმძღვანელად მუშაობისას. მთელი რიგი ქიმიური პროცესები, რომლებშიც გამოყენებულია კატალიზური ტექნიკის სხვადასხვა სიახლეები, დამუშავებულია ვ. ფადიურაშვილის უშუალო ხელმძღვანელობითა და მონაწილეობით, და წარმატებითაა დანერგილი რუსთავისა და ყოფილი საბჭოთა კავშირის რესპუბლიკების ქიმიურ წარმოებებში. სწორედ თავისი ხანგრძლივი საინჟინრო და სამეცნიერო მუშაობის დროს მიღებული ახალი ორიგინალური გადაწყვეტილებებმა და წარმოებაში დანერგილმა სიახლეებმა მას საშუალება მისცა წარმატებით დაეცვა დისერტაცია ტექნიკურ მეცნიერებათა კანდიდატის სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად.

გარდა კატალიზური ტექნიკისა მისი სამეცნიერო კვლევითი სამუშაოები შეეხება მაღალი ძაბვის საიზოლაციო მასალების კვლევასა და სრულყოფას. შექმნილი და დანერგილი აქვს ახალი გაუმჯობესებული საიზოლაციო მასალები.

1982 წლიდან ბატონმა ვ.ფადიურაშვილმა მუშაობა დაიწყო საკავშირო მნიშვნელობის სამეცნიერო-საწარმოო გაერთიანება „ანალიზხელსაწყოში“ ფიზიკურ-ქიმიური კვლევითი ლაბორატორიის გამგედ. 1995 წლიდან იგი გაერთიანების სწავლული მდივანია, 2001 წლიდან კი გაერთიანების სამეცნიერო კვლევითი ინსტიტუტის დირექტორი. „ანალიზხელსაწყო“-ში მისი უშუალო ხელმძღვანელობითა და მონაწილეობით დამუშავებულია მრავალი ინსტრუმენტალური ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდი, რომელთა უმეტესი ნაწილი მისადაგებულ იქნა გაერთიანებაში შექმნილ ფიზიკურ-ქიმიურ ხელსაწყოებთან და წარმატებით დაინერგა რუსეთსა და სნგ-ს სხვა ქვეყნების წარმოებებში.

სწორედ ანალიზური ხელსაწყოთმშენებლობის ამ ფლაგმანში მუშაობის პერიოდში გამოიკვეთა ვლადიმერ ფადიურაშვილის პირადი თვისებები: დაკისრებული საქმისადმი უადრესად სერიოზული მიდგომა, პასუხისმგებლობის გამძაფრებული გრძნობა, დაწყებული საქმეების აუცილებლად ბოლომდე წარმატებით დამთავრება, კოლეგებისა და თანამშრომლებისადმი ყურადღება და მზრუნველობა.

1976 წლიდან ბატონი ვლადიმერი ეწევა პედაგოგიურ მოღვაწეობას საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში, ხოლო 2009 წლიდან ავტომატიკისა და

ინფორმატიკის ფაკულტეტის მიკროპროცესორული და საზომი ტექნიკის დეპარტამენტის სრული პროფესორია.

გ. ფადიურაშვილს გამოქვეყნებული აქვს 100 მეტი სამეცნიერო ნაშრომი, სამი მონოგრაფია, ხუთი სახელმძღვანელო და დამხმარე სახელმძღვანელო. იგი მონაწილეობდა მრავალ საერთაშორისო, საკავშირო და რესპუბლიკურ სიმპოზიუმებსა და კონფერენციებში.

გ. ფადიურაშვილის მიერ შექმნილია სადღეისო-სასტერილიზაციო ფარმაცევტული კომპოზიცია „ჯაფა“ რომელზეც მას მიღებული აქვს არა მარტო საქართველოს მოწმობა არამედ უკრაინისა და ევრაზიის ქვეყნების პატენტები, მიმდინარეობს მისი განხილვა აშშ, ჩინეთსა, იაპონიასა და ევროპის ქვეყნებში.

ბატონი ვლადიმერი დღესაც ეწევა მეტად ნაყოფიერი მუშაობას როგორც პედაგოგი და ახალგაზრდა თაობის აღმზრდელი.

რა თქმა უნდა ბატონი ვლადიმერის ჩამოთვლილი წარმატებები არ იქნება სრულყოფილი თუ არ აღვნიშნეთ, რომ იგი არის კარგი მეუღლე, კარგი მამა და შვილიშვილებზე მზრუნველი ბაბუა.

ვუსურვებთ ბატონ ვლადიმერს ჯანმრთელობას, დიდხანს სიცოცხლესა და წარმატებებს.

*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
საქართველოს საინჟინრო აკადემია
ჟურნალ საქართველოს საინჟინრო სიახლეების რედაქცია*



ელექტროტექნიკური მეცნიერებისა და მრეწველობის გამოჩენილ მოღვაწეს, ღირსეულ მამულიშვილსა და ახალგაზრდა თაობის სახელოვან აღმზრდელს, ქართული საჭადრაკო სკოლის აღიარებულ ოსტატს პროფესორ ედუარდ გერსამიას დაბადებიდან 80 წელი შეუსრულდა.

ედუარდ გერსამიამ ოქროს მედალზე დაამთავრა თბილისის პირველი საშუალო სკოლა და სწავლა განაგრძო საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის მექანიკა-მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტზე. იგი წარჩინებული სტუდენტი იყო, დიდ დროს უთმობდა ჭადრაკს, საკავშირო პირველობებში მოპოვებული გამარჯვებისათვის

ედუარდ გერსამიას ჭადრაკში ეროვნული ოსტატის საპატიო წოდება მიენიჭა. არაერთხელ იყო არჩეული საქართველოს ჭადრაკის ფედერაციის პრეზიდიუმის წევრად.

1959 წელს ა. გერსამიამ დაამთავრა საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის მექანიკა-მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტი და მუშაობა დაიწყო თბილისის ჰიდრომეტხელსაწყოს ქარხანაში.

1962 წლიდან 2009 წლამდე მუშაობდა მცირე სიმძლავრის ელექტრული მანქანების ტექნოლოგიის სამეცნიერო კვლევით ინსტიტუტში, საქართველოს ელექტროტექნიკური მრეწველობის სამეცნიერო-კვლევით ცენტრში (მეტსი). ბატონი ედუარდის ხელმძღვანელობით შექმნილ სპეციალურ დანადგარებს ამჟამადაც აწარმოებენ უკრაინაში, ქალაქ ნოვოვალინსკში (ქარხანა „Останка – Маркет“).

1969 წლიდან ბატონი ედუარდი ინსტიტუტის გენერალური დირექტორის მოადგილეა სამეცნიერო დარგში, 1974 წლიდან - გენერალური დირექტორის პირველი მოადგილე.

1973 წელს იცავს საკანდიდატო, ხოლო 1989 წელს კი სადოქტორო დისერტაციებს. ბატონი ედუარდის სამეცნიერო საქმიანობა დაკავშირებულია ტექნოლოგიური პროცესების კვლევასა და სპეციალური ტექნოლოგიური დანადგარების პროექტირებასთან. ყოფილი სსრკ ელექტროტექნიკური მრეწველობის სამინისტროს მიერ ბატონი ედუარდი სხვადასხვა დროს დანიშნული იყო საკავშირო მნიშვნელობის პრობლემების მთავარ კონსტრუქტორად და მთავარ ტექნოლოგად. იყო საერთაშორისო ორგანიზაცია „ინტერელექტროსთან“ არსებული მცირე სიმძლავრის ელექტრული მანქანების გაერთიანებული საკონსტრუქტორო ტექნოლოგიური ბიუროს მთავარი კონსტრუქტორის მოადგილე.

1978 წლიდან ბატონი ედუარდი პედაგოგიურ მოღვაწეობას ეწევა საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში. 1989 წელს მას პროფესორის წოდება მიენიჭა. 1999 წლიდან განაგებდა სტუ-ს ენერგეტიკის ფაკულტეტის ელექტრომექანიკის კათედრას. მისი ხელმძღვანელობით დაცულია სამაგისტრო და სადოქტორო დისერტაციები.

განსაკუთრებით აღსანიშნავია პროფესორ ე. გერსამიას მეცნიერული მოღვაწეობის შედეგები არის 150-ზე მეტი სამეცნიერო ნაშრომის, მათ შორის 50-მდე გამოგონების ავტორი. 2013 წელს გამოსცა სახელმძღვანელო „ელექტრული მანქანების წარმოების ტექნოლოგია“, რომელიც სტუდენტებისა და სპეციალისტებისათვის სამაგიდლო წიგნს წარმოადგენს.

საქართველოში მას პირველს მიენიჭა „საქართველოს დამსახურებული ტექნოლოგის“ წოდება. პროფესორ ე. გერსამიას, როგორც მეცნიერისა და ინჟინრის მაღალი ავტორიტეტზე მეტყველებს ის ფაქტი, რომ იგი არჩეულია საქართველოს საინჟინრო და ენერგეტიკის აკადემიების ნამდვილ წევრად და დაჯილდოებულია „საპატიო ნიშნის“ ორდენითა და მედლებით.

კეთილდღეობას, ბედნიერ წლებს და ნაყოფიერ მოღვაწეობას ვუსურვებთ ბატონო ედუარდს ქვეყნისა და ხალხის საკეთილდღეოდ.

*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,
საქართველოს საინჟინრო აკადემია
საქართველოს ენერგეტიკის აკადემია
საქართველოს ჭადრაკის ფედერაცია*